

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Fakulta životního prostředí**

**Katedra biotechnických úprav krajiny**



**Diplomová práce**

**Vliv způsobu obhospodařování na výskyt pozemních  
bezobratlých na orné půdě**

**Bc. Lukáš Gipfl**

© 2019 ČZU v Praze

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Bc. Lukáš Gipfl

Regionální environmentální správa

Název práce

**Vliv způsobu obhospodařování na výskyt pozemních bezobratlých na orné půdě.**

Název anglicky

**The effect of type of management on ground invertebrates on arable fields**

---

### Cíle práce

Práce bude zaměřena na vliv používaných metod obdělávání půdy na diverzitu a abundanci pozemních bezobratlých živočichů. Součástí práce bude rešerše odborné literatury na toto téma a také experimentální část – zjišťování početnosti vybrané půdní fauny v závislosti na způsobu hospodaření a vztahu zemědělce k půdě.

### Metodika

Literární rešerše se bude zabývat možnostmi využití půdních bezobratlých jako bioindikátorů kvality půdy a způsobu hospodaření a také vlivem vztahu zemědělce k půdě na kvalitu obhospodařování a následně i na kvalitu půdy.

V praktické části budeme pomocí zemních pastí sledovat početnost a zastoupení jednotlivých skupin pozemních bezobratlých na jednotlivých polích s různými typy hospodaření a různými zemědělci avšak na stejném půdním typu a ve stejné klimatické oblasti. Poté bude vyhodnoceno, zda má způsob hospodaření vliv na početnost a druhovou rozmanitost bezobratlých.

## **Doporučený rozsah práce**

40 – 50 stran

## **Klíčová slova**

bezobratlí, orná půda, způsob hospodaření

---

## **Doporučené zdroje informací**

Doran M.W. a Zeiss M.R., 2000: Soil health and sustainability: managing the biotic component of soil quality. *Applied Soil Ecology* 15: 3–11

Mäder P., Fliessbach A., Dubois D., Gunst L., Fried P., Niggli U., 2002: Soil fertility and biodiversity in organic farming. *Science* 296: 1694-1697.

Mikula J., 2012: Využití půdních bezobratlých jako indikátorů kvality půdy. Disertační práce, Univerzita Palackého v Olomouci.

Schlöter M., Dilly O., Munch J., 2003: Indicators for evaluating soil quality. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 98: 255-262.

Šarapatka B., 2010: Agroekologie : východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření. Olomouc: Bioinstitut. ISBN 978-80-87371-10-7.

---

## **Předběžný termín obhajoby**

2018/19 LS – FŽP

## **Vedoucí práce**

Mgr. Alena Walmsley, Ph.D.

## **Garantující pracoviště**

Katedra biotechnických úprav krajiny

---

Elektronicky schváleno dne 18. 3. 2019

**prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.**

Vedoucí katedry

---

Elektronicky schváleno dne 19. 3. 2019

**prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.**

Děkan

V Praze dne 15. 04. 2019

### **Čestné prohlášení**

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Vliv způsobu obhospodařování na výskyt pozemních bezobratlých na orné půdě" jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu použitých zdrojů na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušil autorská práva třetích osob.

V Praze dne 17.4.2019

---

### **Poděkování**

Rád bych touto cestou poděkoval Mgr. Aleně Walmsley, Ph.D. za její odbornou pomoc, cenné rady, věcné připomínky a vstřícný přístup při tvorbě této práce.

V neposlední řadě bych chtěl poděkovat své nejbližší rodině a své přítelkyni za jejich podporu, a to nejen ve vysokoškolském studiu.

# **Vliv způsobu obhospodařování na výskyt pozemních bezobratlých na orné půdě.**

## **Abstrakt**

Cílem diplomové práce je zhodnotit vliv zemědělství v závislosti na způsobu hospodaření. Literární rešerše bude vycházet z odborné literatury, která se zaměří na seznámení se se základními pojmy, které definují způsoby hospodaření, tj. ekologické, konvenční a minimální neboli bezorebné. Jako další následuje zhodnocení působení vlivu půdních bezobratlých a členovců na kvalitu půdy.

Praktická část bude zaměřena na odchyt půdních bezobratlých u jednotlivých typů hospodaření. Početnost jednotlivých druhů bude zjištěna pomocí zemních pastí, ze kterých budou následně živočichové ručně tříděny do jednotlivých taxonomických skupin.

Ze získaných výsledků výzkumu by mělo být patrné, že největší zastoupení půdních bezobratlých se nachází u ekologického zemědělství, jež by mělo zároveň obsahovat největší množství organické hmoty v půdě, která značí vysokou kvalitu půdy.

Závěrem této práce bude diskuze, kde budou srovnány jednotlivé výsledky autorova výzkumu s výsledky jiných autorů.

**Klíčová slova:** bezobratlí, orná půda, způsob hospodaření

# **The effect of type of management on ground invertebrates on arable fields**

## **Abstract**

The aim of this diploma thesis is to define agriculture in terms of farming types. The first part is based on literary retrieval concerning understanding the main concepts, which are valuable for farming types as ecological, conventional and no-fault. The next step is evaluating the impact of soil invertebrates and arthropods on soil quality.

The practical part is focused on the capture of soil invertebrates in exact types of farming. The number of these types will be determined in terms of ground traps. According to these information, animals will be manually divided into certain groups.

From the obtained information, results show the largest proportion of soil invertebrates are located in organic farming, which is also contains of the biggest amount of organic matter in the soil, which indicates high standard of soil.

In the conclusion, this thesis provided with the discussion where will be compared the results of author's research and other authors.

**Keywords:** invertebrates, arable land, type of farming

# Obsah

<b>1 Úvod .....</b>	<b>9</b>
<b>2 Cíl práce.....</b>	<b>11</b>
<b>3 Literární rešerše.....</b>	<b>12</b>
3.1 Zemědělství .....	12
3.1.1 Konvenční zemědělství.....	13
3.1.2 Ekologické zemědělství .....	14
3.1.3 Minimální orba .....	16
3.1.4 Srovnání konvenčního a ekologického zemědělství.....	18
3.2 Přípravky využívané v zemědělství .....	19
3.2.1 Pesticidy.....	19
3.2.2 Herbicidy .....	20
3.2.3 Organická a minerální hnojiva.....	20
3.3 Půda.....	23
3.3.1 Struktura půdy.....	23
3.3.2 Půdní edafon .....	23
3.3.3 Kvalita půdy a její zhodnocení .....	24
3.3.3.1 Fyzikální indikátory.....	25
3.3.3.2 Chemické indikátory .....	28
3.3.3.3 Biologické indikátory .....	30
3.4 Vliv zemědělského managementu na půdní společenstva .....	32
<b>4 Metodika .....</b>	<b>38</b>
<b>5 Výsledky práce .....</b>	<b>40</b>
<b>6 Diskuze .....</b>	<b>56</b>
<b>Závěr .....</b>	<b>58</b>
<b>Přílohy.....</b>	<b>64</b>



# 1 Úvod

Dříve byla půda označována jako neživá složka, tj. směs organických látek a zvětralých hornin. V průběhu let se však zjistilo, že v půdě je obsažena živá složka, tím je myšleno, že v ní žijí organismy neboli půdní edafon. Půdu je možné definovat mnoha způsoby, záleží na daném oboru, ve kterém člověk působí, a který půdu definuje. V literatuře se obecně nejčastěji vyskytuje definice, že je půda základním výrobním prostředkem v zemědělské výrobě. S postupem času lze pozorovat, jak se pěstování velmi rychle proměnilo a svým pomalým posunem proniká i do průmyslově-technických věd. Termín pěstování plodin je nahrazován termínem rostlinné výroby. Půda se v rámci této definice mnohým představí spíše jako substrát, nebo místo, kde koření rostliny. Jak již bylo uvedeno, půda je velmi rozmanitý systém, který se skládá z živých a neživých částí. Půda je tvořena z tuhých, kapalných a plyných složek. Zhruba 50 % objemu tvoří složka tuhá, 25 % objemu složka kapalná a 25 % objemu tvoří složka plyná. Ačkoli jsou pro úrodnost půdy zásadní všechny tyto části, jako klíčovou je označována právě tuhá složka. Důvodem je, že ji tvoří organické a minerální látky (Bruchter, 2013).

V literatuře se uvádí, že jeden kubický metr může obsahovat mnoho kořenů rostlin, druhů rostlin, stovky metrů vláken hub, hlístice, stopy dalších živočichů, a až miliony bakterií. Půda je přírodní zdroj, ne nadarmo o něm lze říci, že patří mezi jeden z nejdůležitějších, spolu s vodou a vzduchem. Všechny tyto přírodní složky jsou důležité pro zelené rostliny, jež jsou základním stavebním kamenem potravní pyramidy (Duvigneaud, 1988). Zemědělství je možné definovat mnoha způsoby, a to například jako organizované pěstování plodin na organizovaných farmách, chov zvířat (Gliessman, 1997). Je to vůbec nejrozšířenější forma, díky které má lidstvo zdroj obživy. Jedná se o obhospodařování zemědělské půdy, na kterém jsme závislí (Boháč a kol., 2006). V posledních 50 letech došlo k nárůstu v počtu populace, a v tomto důsledku se zvýšil tlak na produkci. Z tohoto důvodu zároveň dochází k intenzifikaci zemědělství. Důsledkem tak byly nadměrné dávky pesticidů a minerálních hnojiv. Mezi další se řadí například používání těžké mechanizace, díky které může postupně docházet k degradaci půdy (Tillman a kol., 2001 in Mikula, 2012).

Jednotlivé složky životního prostředí jsou vzájemně provázány. Kvalita půdy je spjata se živou složkou přírody, tím jsou myšleny mikroorganismy, bezobratlí, ale dokonce i menší savci. Jejich význam pro půdu je znám. Zemědělství jako takové spadá do skupiny

činitelů, kteří ovlivňují kvalitu půdy a její okolí. Postupem času dochází k modernizaci, zvyšuje se váha techniky, zavádí se nová a účinnější hnojiva a chemické látky. Vědci dále varují, že konvenční způsob hospodaření je z dlouhodobého hlediska zcela jistě neudržitelný. To je jeden z důvodů, proč dochází k hledání alternativ, ke kterým je možné radit například zemědělství ekologické jež by mělo zajistit půdě a jejím složkám udržitelný rozvoj (Šarapatka a kol., 2006).

## **2 Cíl práce**

Cílem bakalářské práce je seznámení s danou problematikou. Vlivem zemědělství na půdní faunu, diverzitu a abundanci. Porovnání jednotlivých způsobů hospodaření na skupinu bezobratlých, kteří se používají jako indikátory kvality půdy.

V praktické části dochází ke zhodnocení ekologického, konvenčního a bezorebného způsobu hospodaření na bezobratlé, a následuje porovnávání těchto systémů mezi sebou

## 3 Literární rešerše

### 3.1 Zemědělství

*„Zemědělská výroba patří společně s navazující potravinářskou výrobou mezi tradiční odvětví národního hospodářství“* (Ministerstvo zemědělství, 2018).

V roce 1989 jak v zemědělství, tak i v potravinářství došlo ke zcela zásadní nutné majetkové i ekonomické proměně, která byla nejvíce znatelná v kvalitě a kvantitě jednotlivých komodit. U řady z nich došlo k poklesu domácí spotřeby, kdy v resortu zemědělství byly vyvíjeny potřebné kroky, které měly za cíl zvýšit dosahované výkony. U řady komodit se vyvíjel vývozní potenciál, nebo byl rozšířen či udržen. Dle dokumentace se vyvážely komodity, jako jsou živá zvířata, mléko, cukr a slad, obiloviny, a podobně. V roce 2015 tvořila zemědělská půda zhruba 53 % plochy v celé ČR. Orná půda v dnešní době tvoří zhruba 71 % z celkové zemědělské plochy. V dnešní době mimo své základní produkční funkce a výroby potravin, zemědělství poskytuje pro veřejnost společenské

a ekologické funkce, které byly ještě nedávno opomíjené. Zemědělcům pomáhají nástroje v podobě dotací, tj. evropské či národní zdroje, které jsou prospěšné pro veřejnost i životní prostředí. (Ministerstvo zemědělství, 2018)

Dle názorů spotřebitelů a daňových poplatníků je základním úkolem zemědělství ochrana životního prostředí a zajištění zdravotně nezávadných potravin. V současném zemědělství dochází k tomu, že se ve velké míře ubírá úplně jiným směrem. Stále více dochází k prosazování velkovýroby, jejímž důvodem je zajištění konkurenceschopnosti a profitability zemědělců, označované jako nutné podmínky pro jejich „přežití“. Výsledkem tohoto směru jsou závažné problémy v zemědělské krajině, které se týkají:

- *„extrémně velké půdní bloky (200 ha a i více)“* – berou v úvahu pouze aspekty mechanizace;
- *„nedostatek ekostabilizačních prvků“* – poškozování polních cest, remízků a mezí, aj.;
- *„nedostatečná prostupnost krajiny“* – nevhodná fragmentace krajiny;
- *„nedostatek sounáležitosti s krajinou a přírodou“* – obhospodařování ve formě služeb (Marada a kol., 2011).

Zemědělství se dělí podle způsobu obhospodařování: konvenční, ekologické zemědělství a zemědělství s minimální orbou.

### **3.1.1 Konvenční zemědělství**

Konvenční zemědělství je datováno zhruba k 2. polovině 20. století, kdy je toto období též nazýváno jako „zelená revoluce“. Hlavním znakem konvenčního zemědělství je pěstování plodin ve velmi omezené druhové škále. Dochází tím nejen ke snížení výrobních nákladů, ale i ke snížení ceny jednotlivých zemědělských komodit. Pole velkého rozsahu, kde se pěstuje pouze jedna, či dvě plodiny, jsou přitahovány škůdci a jejich vyhubení představuje vysoké dávky pesticidů, herbicidů a insekticidů. Každým rokem se z důvodu pěstování stejných plodin zvyšuje potřeba průmyslových hnojiv (Václavík, 2018). Toto zemědělství má jak pozitivní, tak i negativní stránky. Pozitivním hlediskem je snížení nákladů a zvýšení produkce, a naproti tomu negativem je snížení diverzity (VÚMOP, 2001). Dalším negativním vlivem je utužení půdy, ke kterému dochází v důsledku pojezdu těžké mechanizace. Z tohoto důvodu dochází ke změně struktury půdy a ke zhoršení schopnosti zadržování vody. V teplých obdobích intenzivní orba způsobuje rychlou mineralizaci organických hmot, jejichž důsledkem je úbytek živin, únik skleníkových plynů a úbytek humusu (VÚMOP, 2001).

Mezi další důsledky patří kontaminace půdy, nebo vody při používání průmyslových hnojiv a dalších chemikálií. Ročně se ve světě vyrábí zhruba 2,5 miliony tun pesticidů, v ČR to připadá zhruba na spotřebu 10 tisíc tun ročně. Na osobu to připadá přibližně 1 kg pesticidů / rok. V důsledku použití velkého množství hnojiv, dochází v půdě k velké ztrátě schopnosti zadržení živin, z tohoto důvodu dochází k tomu, že jsou živiny splachovány z polí do přilehlých vodních toků a nádrží. Následně dochází k eutrofizaci vod, tj. obohacování vody živinami. Dále z tohoto důsledku dochází k přemnožení zelených řas a živin, které jsou škodlivé jak pro lidské zdraví, tak i pro život v těchto vodních dílech. (Václavík, 2018) Herbicidy a insekticidy jsou hromaděny v povrchových vodách a v půdě. Jejich důsledkem může být negativní působení v některých případech na člověka, ale obecně na necílové skupiny organismů. Moderní zemědělství vyžaduje mimo hnojiv a insekticidů také velké množství hnojiv a energie, které je potřebné získat z vnějších zdrojů. Výsledkem jsou opět negativní důsledky (Václavík, 2018).

## **Konvenční zemědělství a biodiverzita**

Již výše bylo uvedeno, že konvenční zemědělství má negativní dopad na biodiverzitu jednotlivých společenstev.

Boháč a kol. (2015) ve své knize jako hlavní vlivy, které působí na zemědělské ekosystémy uvádí:

- *„Znečištění pesticidy;*
- *přeměnu a ztrátu biotopů;*
- *změnu a odlesnění travních ekosystémů;*
- *ztrátu ekologické únosnosti ekosystémů;*
- *změnu původní vegetace, která je spojena skoro vždy se ztrátou původního biotopu;*
- *přílišnou exploataci půdy, aj.“*

Některé z výše uvedených vlivů se dají minimalizovat, ale většina z nich je při provozování zemědělské výroby nevyhnutelná. Pokud dojde k vypuštění všech z výše uvedených kroků, které jsou využity v intenzivním zemědělství, tj. použití pesticidů, nebo nevhodných odrůd a plemen, hovoří o ekologickém zemědělství. Z toho vyplývá, že v ekologickém zemědělství by se měla nacházet vyšší diverzita než v konvenčním.

### **3.1.2 Ekologické zemědělství**

*„Ekologické zemědělství neboli ekologická produkce, je legislativně ukotvený systém s přísně nastavenými a kontrolovanými pravidly“* (Ministerstvo zemědělství, 2018). Jedná se o moderní pojetí obhospodařování půdy, které dosahuje do začátku 20. století a nedochází zde k používání umělých hnojiv, hormonů, umělých látek, postřiků ani jiných chemických přípravků. Prioritou tohoto zemědělství je zde kvalita, nikoli kvantita. Základním pilířem ekologického zemědělství je rozvoj a zachování biodiverzity, morální přístup ke zvířatům s cílem ochránit životní prostředí (Pfišner a Balme, 2009).

Za vznikem tohoto zemědělství stojí určitá negativa, která jsou spojena s průmyslovým zemědělstvím, kde docházelo často ke špatnému zacházení se zvířaty a ke škodě způsobené na přírodě. Docházelo ke snižování kvality potravin a bylo ohroženo zdraví obyvatel (Urban a kol., 2005). Mezi další cíle se řadí například ochrana zdraví, stálá zaměstnanost v zemědělství a jiné (Šarapatka a kol., 2006).

V České republice je ekologické zemědělství charakteristické chovem koz, ovcí a masného skotu v zemědělsky méně vhodných oblastech. Na trhu nachází uplatnění zejména mléko, mléčné výrobky a maso. Pozitivní trend se shledává v pomalém, ale stálém růstu ploch s rostlinnou výrobou. Expanze v rostlinné výrobě a získání většího podílu na trhu na trhu je stále větší výzvou pro české ekologické zemědělství (Ministerstvo zemědělství, 2018).

V současnosti stále více dochází k používání značek BIO nebo EKO, jež mohou používat pouze ekologicky hospodařící zemědělci. Dále Šarapatka a kol. (2003) uvádí, že hlavní myšlenkou je spojení přírody s ekologickým zemědělstvím za účelem co nejnižšího využívání externích vstupů. Navzájem dochází k pozitivnímu ovlivňování. Člověk by měl postupovat v souladu s přírodou a neměl by ji chtít násilně ovládnout. Mělo by docházet k využití potenciálu, jež bude vést k cíli zlepšit kvalitu produkce (Šarapatka a kol., 2003).

**Obrázek 1 - Zemědělská půda v režimu ekologického zemědělství**



Zdroj: Ekologické zemědělství a BIO potraviny v ČR, 2016, [www.bio-info.cz](http://www.bio-info.cz)

Největší části ekologického zemědělství se nachází na pohraničně hornatých okresech Plzeňského, Jihočeského, Karlovarského, Moravskoslezského a Ústeckého kraje. Pokud se jedná o zemědělce u úrodnějších částí, ti jsou, bohužel, vůči ekologickému

zemědělství v současnosti spíše imunní. Zastoupení ekologického zemědělství je dlouhodobě nízké, v rozmezí zhruba 3-8 % (Hrabalová, 2016).

*„Zdravá půda je základem pro ekologické hospodaření. Zlepšení kvality půdy lze docílit za pomoci organického hnojení, mezi ně patří například statková hnojiva, a takzvané „zelené hnojivo“, tj. bobovité rostliny, svazenka, které se zpracovává do půdy. Dalším způsobem jsou šetrné zpracování půdy anebo pestré osevní postupy“ (Mikula 2012 in Gipfl, 2017).*

### **Ekologické zemědělství a biodiverzita**

Existuje spousta studií, které poukazují na pozitivní vliv ekologického zemědělství, které se dává do srovnání se zemědělstvím konvenčním. Tuto analýzu zpracoval Hole a kol. (2005) ve své knize uvádí, že ačkoli většina prací prohlašuje, že ekologické zemědělství má pozitivní dopad na diverzitu, existují i takové práce, které mají mizivý dopad, nebo dokonce pozitivní vliv konvenčního zemědělství.

U důležitých ekosystémových služeb, jako je například opylování, regulace parazitů a škůdců u pěstovaných rostlin, se i přesto poukazuje na pozitivní dopad, které má ekologické zemědělství (Mikula, 2012).

#### **3.1.3 Minimální orba**

Minimální orba je v současné době často diskutovaným tématem a pohledy na ní se často neshodují. Zastánci minimalizačních technologií vyzdvihují její pozitiva, ke kterým například patří:

- Snižování nákladů vynaložených na pohonné hmoty;
- úspora času a pracovních sil;
- zvýšení ochrany před erozí;
- zvýšení schopnosti půdy zadržovat vodu.

Kritici jsou naopak názoru, že dochází k:

- Nedostatečnému provzdušnění půdy;
- vyššímu zaplevelení;
- zvýšení spotřeby herbicidů (Fuka, 2003).



Aktuálně dochází k nárůstům příznivců minimální orby i v námi vybrané části výzkumu, tj. Budyně nad Ohří.

V rámci doporučení by bylo vhodné zvýšit výsevku o 10 %, neboť pokud nebude použita orba, nebude ani všechno osivo správně zaseto a části osiva tak mohou zůstat ležet na jeho povrchu. Aby bylo eliminováno nedostatečné zasetí, je možné použít například cambridgeský válec, který slouží k odsunu většiny zbytků z jednotlivých řádků. Fuka ve své knize uvádí slova zemědělce Rostislava Jonese (2003), který využívá tuto technologii a vyjadřuje se k ní následovně: „*Okolní zemědělské podniky sejí tímto způsobem kukuřici bez problémů. Protože sám nemá pro setí potřebné technologie, nechal si letos, pouze kvůli srovnání, zasít specializovanou firmou část výměry kukuřice bezorebně. Kvůli neobvyklému roku, který neumožnil považovat dosažené výsledky za odpovídající, ale ve prospěch minimalizace mluví rozhodně nižší náklady.*“

*Proč tedy není bezorebné setí tak rozšířené, a přitom je tak výhodné?*

Jedním z důvodů mohou být například vysoké náklady spojené s pořízením této technologie. Z dlouhodobého hlediska je tento typ setí pro půdu velmi příznivý (Fuka, 2003).

### **Minimalizační technologie (bezorebné setí)**

S minimalizačními technologiemi neboli bezorebním setím, se pojí tyto postupy, které budou následně jednotlivě popsány.

- *„Přímé setí;*
- *půdoochranné zpracování půdy;*
- *Minimalizace se kypřením půdy do malé hloubky (Hůla a kol., 2008)“.*

### **Přímé setí (= setí do nezpracované půdy)**

K setí jsou používány speciální technologie, díky kterým nedochází k mechanickému poškození půdy. Tyto stroje slouží k setí do jednotlivých pruhů, nebo rýh (Hůla a kol., 2008).

### **Půdoochranné zpracování půdy**

Díky tomuto zpracování zůstává v půda pokryta až z 30 % své plochy rostlinnými zbytky, předpolodinami a meziplodinami. Obecně se uvádí, že hmotnost této biomasy připadá zhruba na 1,2 tuny / ha<sup>-1</sup> suché hmoty (Hůla a kol., 2008).

### **Minimalizace s kypřením do malé hloubky**

Obvykle je provedeno do hloubky v rozmezí 12-15 cm. V případě výskytu známky zhutnění, je možné ornici jednorázově prokypřit do větší hloubky, aniž by bylo nutné její obracení (Hůla a kol., 2008).

### **3.1.4 Srovnání konvenčního a ekologického zemědělství**

Ekologičtí zemědělci by měli brát v úvahu základní rozdíly ekologického zemědělství oproti konvenčním podmínkám. V období konverze bývají porosty ve velké míře náchylné vůči činnosti vnějších činitelů, zejména plevelů. Likvidace při jejich účasti je velmi obtížná a zdlouhavá. Důsledkem je pomalejší uvolňování živin, tj. dusíku, z půdy a dochází tak k menší regulaci. Pěstování a jeho fáze jsou více závislé na stavu počasí a dalších biotických faktorech (Urban a kol., 2003).

Rozdíl ekologického a konvenčního zemědělství vychází z následujících:

- Při aplikaci dochází k omezení ztráty živin;
- čtenější pěstování jetelotráv z důvodu omezení plevelů orné půdy;
- narůstá počet důkladného sledování porostu;
- k likvidaci škodlivých činitelů se používají přirození nepřátelé;
- je kladen vyšší důraz na pečlivost a pozornost při sklizni;
- správné načasování pěstebních opatření je velmi důležité;
- dle stavu zaplevelení půdy se střídá orba a minimalizační technologie;
- dochází k častějšímu hnojení organickými hnojivy v menších dávkách;
- často jsou používána tzv. „zelená hnojiva“, např. vojtěška (Urban a kol., 2003).

## 3.2 Přípravky využívané v zemědělství

Tato podkapitola se bude zabývat látkami používanými v zemědělství, a to zejména pesticidy, organickými a minerálními hnojivy.

### 3.2.1 Pesticidy

Pesticidy jsou chemické látky, jež slouží k minimalizaci ztrát na zásobách krmiv, potravin a kulturních rostlinách. Podle biologické účinnosti se rozdělují na: herbicidy, insekticidy, rodenticidy, a další. Je prokázáno, že v souvislosti s častým užíváním vzniká mnoho potíží. Tyto látky jsou často označovány jako toxické pro organismy, či látky, které působí negativně na životní prostředí. Pokud se pesticidy, nebo jiné cizorodé látky používají v nadměrném množství, jejich dopad má za následek zhoršení fyziologických procesů, a zároveň způsobují zvýšené zatížení organismu. Použití pesticidů pokrývá celkem 95 % zemědělských ploch. Tyto látky mají dopad na celou biosféru – ať už se jedná o živočichy, vzduch, půdu či vodu (Arnika.org, 2014).

#### Dělení pesticidů

- *Rodenticidy – slouží k hubení hlodavců,*
- *Piscicidy – přípravky sloužící k hubení ryb,*
- *Molluskocidy – přípravky, jež hubí měkkýše,*
- *Insekticidy – hubení hmyzu,*
- *Herbicidy – tyto přípravky slouží k hubení rostlin,*
- *Fungicidy – mají za cíl chránit před houbovými chorobami,*
- *Avicidy – jejichž cílem je hubení ptáků,*
- *Arborocidy – přípravky sloužící k hubení keřů a stromů,*
- *Algicidy – pro hubení řas,*
- *Akaricidy – přípravky pro hubení roztočů (Řehořová, 2010).*

Použití těchto přípravků musí předcházet následující: nesmí docházet k ovlivnění endokrinního systému savců, je zapotřebí dostatečné biodegradability a rozdíl v toxicitě mezi cílovými a necílovými organismy musí být vysoký. V současném zemědělství využívání pesticidů značí, že jejich použití zajišťuje vyšší výnosy, nutriční, technické a senzorické jakosti produktů (cit.vfu.cz, 2014).

### 3.2.2 Herbicidy

Herbicidy jsou přípravky sloužící k eliminaci nežádoucích rostlin, tj. plevelů a invazivní rostliny. Dělí se na dvě základní skupiny, a to selektivní a širokospektrální. Selektivní herbicidy se svou likvidací zaměřují spíše na úzké skupiny rostlin. Širokospektrální neboli totální herbicidy se naopak zaměřují téměř na vše, co je možné vidět na pozemku (Selektivni-herbicidy.cz, 2016).

Pokud nastane situace, kdy se zamění totální herbicidy za selektivní, následky budou fatální (jejich omezení, či zastavení není možné). Použití herbicidů upravuje zákon o ochraně rostlin, který říká, že je nutné používat pouze evidované herbicidy. Státní rostlinolékařská správa používá seznam, ve kterém je uvedeno, který typ herbicidů je možné použít ke konkrétnímu typu porostů. Dle: „§ 46a odst. 3 písm. g) zákona je fyzická nebo právnická osoba při distribuci přípravků nebo dalších prostředků na ochranu rostlin povinna distribuovat přípravky povolené k profesionálnímu použití (zejména velkobalení) pouze osobám, které zajistí, že se přípravky bude nakládat pouze držitel osvědčení druhého nebo třetího stupně“ (selektivni-herbicidy.cz, 2016).

Jinými slovy přípravky, jež spadají do výše zmiňovaného seznamu, se používají pro profesionální použití a nesmí být podávány mezi běžnými spotřebiteli. Tento paragraf se nevztahuje pouze na aktualizovaná balení, jež existují v menším provedení.

### 3.2.3 Organická a minerální hnojiva

Černý (2011) definuje minerální hnojiva jako látky, jež vznikají v hutním, chemickém, stavebním a báňském průmyslu. Jedná se o koncentrovaná hnojiva s vysokým obsahem živin. Poměr živin je již upravený. Rozdělují se na dvě základní skupiny, a to vícesložková a jednosložková (smíšená či kombinovaná). Jejich hlavní význam spočívá v doplnění živin, zachování půdní úrodnosti a zabraňování ve ztrátě živin.

#### **Minerální hnojiva jednosložková**

Jedná se o hnojiva, která obsahují draslík, vápník, dusík a fosfor. Jejich rozdělení je následující:

- **Dusíkatá:** vyráběna průmyslově – v ČR se mezi nejčastěji používané řadí močovina (46 %), DAM (30 %), ledek amonný s vápencem (27 %), síran amonný (21 %) a ledek vápenatý (15 %);
- **Fosforečná:** jedná se o minerály, jež jsou průmyslově upraveny – do této skupiny se řadí superfosfáty;
- **Draselná:** jejich původ vychází z draselných solí, jsou vytěženy a mechanicky upravovány – mezi nejčastěji používaná se řadí: kamex, draselná sůl, kainit 11 a síran draselný (využití síranu draselného je především u cibule, rajčat, okurek, aj.);
- **Vápenatá:** jsou získány těžbou, ke které se následně váže mechanická úprava, jinak řečeno „mletí vápenců“ – mezi nejčastěji používané se řadí: dolomit, vápenec, cukrovarnická šáma, dolomitický vápenec, aj. (Černý, 2011).

### **Minerální hnojiva vícesložková**

Vícesložková hnojiva jsou typická tím, že obsahují větší počet hlavních živin (draslík, fosfor a dusík. Tato hnojiva označována také jako smíšená (tj. míchání hnojiv jednosložkových) a kombinovaná (tj. homogenní směsi a sloučeniny). U kombinovaných hnojiv se používá více živin, jejichž důvodem je snížení nákladů na jejich aplikaci (Černý, 2011).

Mezi výhody těchto hnojiv patří například rovnoměrné zastoupení živin v granulích, jež umožňují stejnoměrnou aplikaci. V těchto hnojivech je snížený obsah škodlivého balastu. Mezi hlavní nevýhody používání vícesložkových hnojiv spadá jejich konstantní poměr v živinách. Tuto nevýhodu lze kompenzovat výrobou hnojiv s různým poměrem a obsahem živin. Rozdělení vícesložkových hnojiv lze dále dělit na kapalná, pevná apod. (Minerální hnojiva, 2019).

## **Organická hnojiva a význam jejich použití v půdě**

Organická hnojiva mají následující význam: dochází k lepšímu transportu a zadržení vody v půdě, recyklaci živin v rámci zemědělského podniku, ke zlepšení fyzikálních vlastností, dále ke zvýšení mikrobiální činnosti, aj. (Černý, 2011). Organická hnojiva se v základu dělí na dvě části, a to stájová a ostatní.

1. Ostatní – vedlejší produkty, komposty, zelené hnojení a kompostovaná chlévská mrva
2. Hnojiva stájová – močůvka, hnůj, hnojůvka a kejda (Černý, 2011).

Zpravidla platí, že použití organických hnojiv je pro půdu lepší než použití hnojiv minerálních. Důvodem je vysoký obsah uhlíku. Negativním hlediskem může být možný únik živin do vody či vzduchu, ke kterému dochází například při zanechání hnoje na půdním povrchu.

## 3.3 Půda

### 3.3.1 Struktura půdy

Půda není celistvá hmota. Částice se slučují do drobtů o velikosti 1 až 10 mm, mezi kterými se nachází vzdušné póry. Celý tento systém je vzájemně provázán jemnými kapilárami, které jsou nezbytné pro vodní režim půdy. Voda se díky tomu prosakuje hlouběji do půdy, nebo naopak dochází ke vztlínání. Pro to, aby byly rostliny zásobeny živinami a vodou, je drobtovitá struktura půdy velmi významná. Aby docházelo k této drobtovité struktuře, je zapotřebí tvorby humusu neboli tvorby obsahu organické hmoty v půdě. V půdách, které mají nízký obsah organických látek, se velmi těžko s vodou hospodaří.

Bruchta (2013) dále uvádí, že: *„čím více je humusu v půdě, tím je kypřejší a více pórovitá. Ve slehlé a udusané půdě je drobtovitá struktura potlačena, mnohem hůře zde rostliny hospodaří s vodou a živinami.“*

### 3.3.2 Půdní edafon

Šarapatka (2014) popisuje půdní edafon jako velmi důležitou složku půdy, která dokáže přeměnit organickou část i některé minerální složky, dále kypřit a provzdušňovat půdu. Tyto organismy mají v půdě zastoupení zhruba 1-10 %. Existuje několik způsobů, jak lze edafon dělit. Například dle Kalinové a kol. (2007) se edafon dělí na složku živočišnou a rostlinnou. Do neživé složky se řadí část rostlinná neboli fytoedafon a do živé složky se řadí část živočišná neboli zooedafon. Dále je možné edafon členit na základě jeho velikosti. Šarapatka (2014) jej dělí na mikroedafon, mezoedafon, makroedafon a megaedafon.

- Mikroedafon – sem patří všechny organismy mikroskopické velikosti. Jsou považovány za nejdůležitější část v edafonu, neboť díky jejich přítomnosti dochází k rozkladným procesům v půdě. Jejich druhové zastoupení, počet i rozmístění jsou závislá na podílu organické hmoty v půdě. Patří sem například: hlístice, houby, plísňe, a podobně.
- Mezoedafon – tato část je tvořena většími organismy, v průměru o velikosti od 0,2 mm do 2 mm. Z velké části jsou tvořeny chvostoky, dále roupice a roztoči.

- Makroedafon – tyto organismy dosahují velikosti od 2 mm do 20 mm. Nejpočetnější skupina je tvořena hmyzem a jeho vývojovými stádii. Patří sem: stonožky, pavouci, žížaly.
- Megaedagon – tuto skupinu tvoří obratlovci, kteří žijí v půdě. Jejich činností je prohrabávání půdy a jejím provzdušňování, dochází k přenášení živin a látek v půdě. Díky činnosti větších organismů dochází k rozměňování půdy na menší části, u kterých je následně možné zpracovávat menší část edafonu. Patří sem: hraboši, křečci, myši a podobně.

Další členění organismů je možné rozdělovat na základě možnosti získávání uhlíku, tj. autotrofní, heterotrofní a mixotrofní (Šarapatka, 2014).

### 3.3.3 Kvalita půdy a její zhodnocení

V minulosti se při hodnocení kvality půdy lidé zaměřovali pouze na její produkční schopnost. V současnosti je třeba se zaměřit nejen právě na produkční schopnost, ale také na její ekologické, transformační a filtrační vlastnosti. Z tohoto důvodu je zapotřebí hodnotit kvalitu půdy z širokého hlediska. Kvalita půdy je definována jako schopnost, jež funguje jako součást ekosystému. Mezi její další činnosti patří také využití krajiny udržovat kvalitu prostředí, biologickou produktivitu a podpora zdraví živočichů a rostlin. V praxi je její měření velmi složité, důvodem je půdní nestálost a probíhající procesy, které se v ní odehrávají (Doran a kol., 1994). Dále Doran a Parkin (1996) uvádí, že *„nejdříve je však nutné zvolit vhodné indikátory kvality nebo zdraví, které by měly splňovat následující podmínky:*

- *Měly by kolerovat s procesy v ekosystému;*
- *Integrovat fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půd a procesy v nich probíhající a sloužit jako základní vstup potřebný k odhadu půdních vlastností, nebo funkcí, které je těžké měřit přímo;*
- *Být relativně lehce použitelné v polních podmínkách a zvládnutelné, pokud možno jak speciality, tak uživateli;*
- *Být citlivé ke změnám v hospodaření nebo klimatu.“*



Jako praktický příklad je možné uvést hodnocení, jež pochází z Wisconsinu a vzniklo ze spolupráce mezi farmáři a vědci. Hodnocení je vypracováno na základě rozhovorů s farmáři. Přes více než polovinu otázek se váže k půdě, rostlinám, zvířatům a vodě. Jednotlivé kategorie hodnocení, tj. zdravá, zhoršená a nezdravá, se následně určuje výsledná klasifikace, která se pojí s kvalitou půdy (Roming a kol., 1996). Použitelná metoda v praxi byla navržena Doranem (Sarrantonio a kol., 1996), která říká, že za pomoci terénní soupravy je hodnocena infiltrace vody, objemová hmotnost, plná vodní kapacita, vzdušnost, teplota, pH, obsah nitrátového dusíku, vodivost apod. S touto metodou Doran přikládá také návod, jak vyhodnotit získané výsledky.

Je nutné zmínit, že hodnocení půdní kvality, ke kterému dochází pomocí speciálních terénních souprav a dotazníkových akcí, se v České republice zatím neprovádí. (Pokorný, Šarapatka, Hejátková, 2007). Indikátory kvality se rozdělují do třech základních skupin:

- Fyzikální – objemová hmotnost, textura, retenční schopnost, hydraulická vodivost, hloubka půdy, aj.;
- Chemické nebo fyzikálně- chemické – obsah dusíku, pH, obsah živin, vodivost, kationtová výměna;
- Biologické – respirace, aktivita půdních enzymů, dusík biomasy mikroorganismů, uhlík (Pokorný, Šarapatka, Hejátková, 2007).

#### 3.3.3.1 Fyzikální indikátory

Půda z fyzikálního hlediska představuje polyfázový, disperzní, pórovitý a heterogenní systém, který v přírodních podmínkách obsahuje obvykle tři složky: pevné, kapalné a plynné (Rehák, Jánský, 2000).

Půda je charakterizována těmito základními fyzikálními vlastnostmi:

- Struktura a pórovitost
- Objemová a měrná hmotnost
- Zrnitost

K vlastnostem půdy se dále řadí faktory, jako je například vizuálnost, hmatatelnost, kdy v souvislosti s použitím stupnic tvarů a různých škál lze určit velikost, síla půdních částic. Šimek (2004) dále uvádí, že se k těmto vlastnostem řadí také barva a teplota. Uvedené vlastnosti popisují vztah půdy k teplu, vzduchu a vodě. Jandák a kol.

(2007) udává, že k fyzikálním vlastnostem se řadí také fyzikální-mechanické zvětrávání, které lze považovat pouze za mechanický rozpad celistvých hornin na jednotlivé úlomky o různých velikostech a tvarech. Tímto vzniká tzv. detrit neboli ostrohranný rozpad.

### **Struktura a pórovitost**

Struktura je označována jako nejvýznamnější fyzikální vlastnost půdy. Na základě podmiňování velikostního zastoupení půdních pórů dochází k ovlivňování vodních a vzdušných poměrů v půdě. Její vliv spočívá v záhřevnosti půdy, kdy dochází k vymezení a určení vodních a vzdušných poměrů a biologických procesů v půdě. Při popisu struktury se uvádí daný typ (půdy strukturní, nestrukturní a půdy, které mají slabě vyvinutou strukturu).

- *Půda strukturní*, tj. má vyvinutou strukturu – snadné oddělení agregátů, které jsou ve vodě plně stabilní a velice pevné
- *Půda nestrukturní*, tj. nemá vyvinutou strukturu – zde nejsou patrné agregáty, dochází ke vzniku náhodných menších či větších útvarů (pseudoagregátů) v důsledku drobené
- *Půda se slabě vyvinutou strukturou* – lze ji rozeznat až na základě rozdrobeného vzorku, obsahuje větší podíl nestrukturního materiálu (Kutílek, 1978).

Pórovitost půdy charakterizuje volné prostory v půdě, které nejsou zaplněné pevnou fází. Jinými slovy se jedná o půdní póry, které mají různé tvary, velikosti a jsou navzájem propojeny různými způsoby. Pórovitost se zjišťuje na základě nepřímého vztahu, a to stanovením hmotnosti půdy ( $\rho_d$ ) a měrnou hmotností půdy ( $\rho_s$ ). Zaujec a kol. (2009) udává základní výpočet pro půdní pórovitost následovně:

$$P = VP / VS = (\rho_s - \rho_d) / \rho_s \times 100 [100 \%]$$

Vyjádření pórovitosti se udává v procentech z objemu půdy:

$$P = (\rho_s - \rho_d) / \rho_s \times 100 [\% \text{ obj.}]$$

### **Objemová a měrná hmotnost**

Měrnou hmotnost popisují Prax a Pokorný (2004), že je závislá na obsahu různých organických látek a minerálů. Je zapotřebí pro výpočet pórovitosti a obvykle se stanovuje pyknometricky. Mnohými autory je měrná hmotnost definována jako číslo, které

říká, kolikrát těžší je určité množství vysušené zeminy při 105 °C než tentýž objem vody při 4 °C (Kratochvílová, 2014).

**Obrázek 2 - Pyknometr**



Zdroj: Pyknometr, 2019, <https://educalingo.com>

Objemová hmotnost je u půdy definována jako hmotnost objemové jednotky, která není v porušeném stavu. Jinými slovy – póry jsou vyplněné momentním obsahem vzduchu a vody. Jedná se o nestálou hodnotu, u které dochází ke změně v průběhu roku v závislosti poměru vlhkosti v půdě (Kutílek, 1978).

Její zjištění probíhá gravimetricky z půdních vzorků, jež nebyly porušeny. Tyto vzorky jsou odebírány pomocí fyzikálních válečků Kopeckého mající objem 100 cm<sup>3</sup>.

**Obrázek 3 - Kopeckého (fyzikální) válečky**



Zdroj: Kopeckého fyzikální válečky, 2019, [www.ucebnice.remediace.cz](http://www.ucebnice.remediace.cz)

## Zrnitost

Sledování zrnitosti půdy je důležité z důvodu ovlivňování fyzikálních, chemických a biologických procesů probíhajících v půdě. Dále se zrnitostí souvisí také mechanické vlastnosti a způsob, kterým se půda zpracovává. Zjištění zrnitosti probíhá sedimentací, pomocí sít, nebo vyplavováním či jinými způsoby. Zeminy se rozdělují na dvě základní frakce, tj. skelet ( $> 2$  mm) a jemnozem ( $< 2$  mm).

**Tabulka 1 - Klasifikační stupnice zemin**

Skupiny půd podle obtížnost zpracování	Označení druhu půdy	Obsah jílnatých částic v %
<b>Těžké půdy</b>	jíl (J)	nad 75
	Jílovitá půda (JV)	60 - 75
	Jílovitohlinitá (JH)	45 - 60
<b>Střední půdy</b>	Hlinitá (H)	30 - 45
	Písčitohlinitá (PH)	20 - 30
<b>Lehké půdy</b>	Hlinitopísčitá (HP)	10 - 20
	Písčitá (P)	0 - 10

Zdroj: Klasifikační stupnice zemin, 2017, [www.enviroexperiment.cz](http://www.enviroexperiment.cz)

Jemná složka se dále zpracovává fyzikálními a chemickými metodami tak, aby byly rozděleny jemné stmelené části. Výsledky se vyjadřují v procentech hmotnosti jednotlivých frakcí (Klika a kol., 1954). K nejvíce častému rozdělení frakcí dochází dle Nováka (viz tabulka 1).

### 3.3.3.2 Chemické indikátory

## Uhlík

Rychnovská a kol. (1985) popisuje organický uhlík, také přezdívaný jako půdní organická hmota, za jeden z nejvýznamnějších indikátorů. Důvodem je spojení se všemi třemi aspekty, tj. chemickým, fyzikálním a biologickým. Váže se ke všem půdním funkcím a celkově má významný vliv na stabilitu procesů, objemovou hmotnost a dostupnost živin.

Mestdagh a kol. (2005) uvádí, že vznik organické půdní hmoty spočívá z následného rozkladu mrtvých těl živočišných i rostlinných organismů. V důsledku složitých chemických procesů, ve kterých jsou obsaženy především houby, půdní bakterie a půdní živočichové, se tvoří humus neboli složité makromolekulární látky. Jejich význam spočívá ve vysoké odolnosti vůči rozkladu. Mezi další činnosti humusu patří například

pomoc při vzniku stabilních půdních agregátů. Humusové látky jsou významné svým specifickým půdním povrchem, to znamená, že obsahují spoustu vazebných míst, jež se váží na živiny.

Z těchto procesů vyplývá, že pokud má půda vysoký obsah humusových látek, je významná na stabilní strukturu a značí se velkým potenciálem k zadržení živin. Organismy je dále možné rozdělovat dle způsobu, jakým přijímají uhlík, a to na heterotrofní a autotrofní. Heterotrofní organismy přijímají uhlík z odumřelých těl, které se vyskytují v půdním humusu, a proto se označují za saprofytické. Uhlík, který je takto přijímán, se často zařazuje do buněk těchto organismů a jsou z něj vytvářeny nezbytné komponenty, tj. nukleonové kyseliny a jiné. Autotrofní organismy jsou specifické přijímáním uhlíku formou CO<sub>2</sub>. K celému tomuto procesu se váže sluneční záření či oxidace anorganických látek (Němec, 1986).

## **Dusík**

Šantrůček (2003) popisuje, že výskyt dusíku odpovídá celkem 97 % celkového obsahu ve formě organických sloučenin. Díky finančním procesům byl dusík převeden do těchto forem ze vzdušného elementárního dusíku. Mezi organické sloučeniny se řadí rostlinné, živočišné a mikrobiální odpady a dále meziprodukty mikrobiálních přeměn.

Lutze a Gifford (2000) uvádí, forma biologické fixace dusíku, jež je prováděna ze vzduchu, je velmi významný proces, při kterém dochází ke přizpůsobení plynného dusíku do živé biomasy. K tomuto procesu se váží velmi významné organismy, jež jsou vlastněny enzymatickým nitrogenázovým systémem. Tento systém je nezbytný k vázacímu procesu. Značná část těchto organismů žijí v symbióze, jako tomu je třeba u bakterie *Rhizobium*. Jiné organismy obvykle žijí svévolně v půdě. Pro poutání dusíku jsou, stejně jako u organismů, důležité okolní podmínky, tj. pH, vlhkost, teplota anebo kyslík.

Menacho a Vega (1989) ve své publikaci zmiňují, že fixace dusíku je proces, který je zprostředkován enzymy, jež jsou citlivé na kyslík. Z tohoto důvodu si velká část organismů dokázala vyvinout proti kyslíku obranné mechanismy. Význam procesu fixace spočívá v tom, že se jedná o velmi významný koloběh dusíku, který se pojí s jeho ukládáním do půdy.

### 3.3.3.3 Biologické indikátory

Biologické indikátory jsou rostliny i živočichové, pro které je kvalita půdy i půda samotná úkrytem a zdrojem potravy. Bioindikátory neboli žijící organismy ovlivňující půdu a její kvalitu jsou živočichové žijící napříč celým ekosystémem. Jejich využití spočívá v určení kvantitativních a kvalitativních vlastností půd, a zároveň celého ekosystému (Paoletti a kol., 1993).

Velká výhoda bioindikátorů je ta, že dokáží bezprostředně reagovat na změny podmínek a faktorů, změny v prostředí, a to především abiotických (Hůrka, 1996). Mezi základní podmínky, jež je zapotřebí splnit mezi bioindikátory jsou tyto: úzká vazba na prostředí, vysoká ekologická valence organismu, jejich výskyt na různých typech stanovišť, a dále také senzitivita na změny. Mezi další podmínky patří například ekologické nároky či geografické rozšíření (Vávrová a kol., 2003).

Bioindikátory mohou být mimo kvantitativního a kvalitativního definování využívány také ke stanovení celého souboru (Bick, 1982). Dále je pro ně typická jejich vylučovací schopnost za různých situací v různých typech prostředí, tj. změna krajiny či znečištění (Giampietro a kol., 1997). Jako další typ indikátorů znečištění jsou označovány sentinelové organismy. U tohoto druhu organismu je typické, že jsou v jeho těle nahromaděny polutanty, které se vyskytují v prostředí. U těchto organismů je dále důležité, aby splňovaly podmínku vysoké korelace mezi prostředím a obsahem polutantu v těle. Dále je důležitá podmínka schopnosti rozmnožování a maximálního zatížení (Helawell, 1986).

V současnosti je velmi aktuální téma vysokého ohrožení kvality půdy a biologické rozmanitosti. Důvodem je z velké části intenzifikace zemědělství. Velká část diskuzí se váže k tématu vlivu zemědělských systémů na rozmanitost biodiverzity. Spory se vedou z velké části například na téma ekologického zemědělství a jeho vlivu k životnímu prostředí (Hole a kol., 2005). Vliv zemědělského obhospodařování je zjišťován pomocí některých půdních živočichů (Paoletti, 1999). Dále Paoletti a kol. (1991) uvádí, že k základním faktorům indikace, ke kterým lze použít půdní bezobratlé, patří obsah těžkých kovů, obsah reziduí pesticidů nebo zemědělský management.

Foissner (1999) uvádí, že organismy, které se používají jako indikátory, patří například prvoci. Mezi další patří například měňavky, které definuje jako „*velmi citlivé na způsob, jakým se na daném území hospodaří.*“ Na plochách, které jsou obhospodařované

konvenčním zemědělství, je daleko menší zastoupení měňavek než na plochách, které jsou využívány v ekologickém zemědělství. Dále bylo prokázáno, že stejně jako v ekologickém zemědělství, tak i v konvenčním nebyl zaznamenán negativní dopad na společenstvo žížal, které jsou velmi často používány jako typy indikátorů. Zjištění kontaminovaných půd těžkými kovy je možné provést pomocí suchozemských stejnonožců. Při jejich nadměrném úhynu se prokáže kontaminace, která je způsobena výskytem těžkých kovů (Paoletti a kol., 1993 in Jones and Hopkin, 1996).

Mezi další organismy, jež jsou využívány, se řadí například pavouci (Aranea) či střevlíkovití (Carabidae), jež patří na vrchol tropického řetězce. Přítomnost pavouků v půdě značí biologickou kvalitu, protože pokud se na půdním povrchu vyskytují, je to zapříčiněno tím, že mají dostatek kořisti (Paoletti a kol., 1991).

Wardle a Giller (1997) uvádí, že půdní organismy jsou odpovědní za děje, jež probíhají v ekosystému půdy, zejména v rozkladu organické hmoty a koloběhu živin. Na tuto myšlenku navazuje Mikula (2012), který ve své publikaci uvádí, že pokud nastane absence těchto živočichů, může se jednat o určitou ekologickou zátěž vyskytující se v prostředí.

### 3.4 Vliv zemědělského managementu na půdní společenstva

V současné době jsou hojně používány odlišné typy zemědělského managementu, díky kterým dochází k rozvoji široké škály možností, díky kterým lze zkoumat dopad na půdní faunu jednotlivými druhy hospodaření. Za spoluúčasti jednotlivých agrotechnických opatření, tj. použití statkových hnojiv, pesticidů, mechanické likvidace plevelu či hnojení minerálními hnojivy, lze předpokládat, že bude značně ovlivněna struktura půdního společenstva bezobratlých vzhledem k jejich citlivosti na realizovaná opatření. Hlavním faktorem působícím na biotickou aktivitu a ovlivňování druhové diverzity v agrosystémech, je označována fyzikální disturbance. Může se jednat například o orbu (Altieri, 1999). U diverzity členovců dochází k vysoké korelaci s jednotlivými druhy kvetoucích rostlin (Duelli a Obrist, 1998).

Na základě výsledků jednotlivých a analýz je dokázáno, že jednotlivé studie, jež se zabývají působením zemědělského managementu vůči biodiverzitě, se ve svých výsledcích liší. Rozdíly jsou zřejmé i přesto, že na základě provedené metaanalýzy byly shrnuty poznatky jiných studií, díky kterým lze doložit kladný vliv ekologického zemědělství (Hole a kol., 2005 in Mikula, 2011). Jiné studie uvádí, že konvenční zemědělství má pozitivní dopad, a že oba typy obhospodařování mezi sebou neshledávají téměř žádný rozdíl. Rozdíl je možné pozorovat například mezi jednotlivými zemědělskými společenstvy brouků, tzv. Coleoptera, u kterých v jednom roce došlo k tomu, že tato společenstva byla početnější v konvenčním společenství a ve druhém roce v zemědělství ekologickém. Výsledkem tohoto je fakt, který poukazuje na to, že pro tato společenstva není zemědělský management jediným faktorem, jež na ně působí (Fuller a kol., 2005). Ve své publikaci dále Fuller a kol. (2005) popisuje, že *„velký počet ekologických farem je izolovanou jednotkou uprostřed konvenčně obhospodařované krajiny, s poměrně nízkou heterogenitou, ta významně ovlivňuje druhovou kolonizaci těchto ekologických farem“*.

#### **Pancířníci (Oribatida)**

Pancířníci patří mezi řád roztočů (Acari) a řadí se do mezofauny. Rozdělují se do dvou skupin, na dravé roztoče a detritofágy, neboli ty, kteří odpad. Podle Wallworka (1983) se pancířníci nachází především v lesních ekosystémech, kde mohou dosahovat až 50% zastoupení. V prostředí mimo les jejich počty bývají zpravidla nižší. Podle Starého



(1999) patří mezi velice rozšířenou skupinu. Je to dáno tím, že jejich život není náročný na organickou hmotu, kde jim stačí i její nepatrné množství. Důležitou roli sehrávají v koloběhu fosforu. Mezi jejich další přednosti patří rozklad organické hmoty, kterou se živí. Díky jejich velkému rozšíření se často využívají jako indikátory kvality půdních ekosystémů.

### **Hlístice (Nematoda)**

Důležitost hlístic spočívá zejména v koloběhu živin. Podle Říhové (2013) mohou hlístice žít, jak paraziticky (například u člověka), tak volně v krajině. Z hlediska evoluce se jedná o velmi úspěšné organismy. Na světě je možné nalézt více než milion druhů hlístic. Pro půdu jsou specifické hlístice, jež se živí organickou hmotou, tedy saprofágní. Díky tomu přispívají k recyklaci. Mezi nejznámější patří ty, které se vyskytují paraziticky u člověka a zvířat.

Dále existují hlístice mykofágní a bakteriofágní, které regulují počet hub a bakterií v půdě. Mezi skupinu hlístic patří i predátoři, kteří se živí jinými hlísticemi, popřípadě jinými druhy půdních živočichů. Díky tomuto dochází k regulaci jejich početnosti. Hlístice jsou schopné po krátkou dobu snášet nepříznivé podmínky. Z tohoto důvodu lze říci, že jsou citlivé na jakékoliv změny v půdě a jsou často využívány druh půdních indikátorů (Bongers, 1990).

### **Žížalovití (Lumbricidae)**

Žížaly mají v lidském životě důležitou roli. Nejčastěji jsou označovány také jako ekologičtí inženýři (Double and Brown, 1998). V současné době je zaznamenáno více než 2 500 druhů. Mezi časté odhady se řadí, že dalších 2 000 druhů zatím není popsáno (Pižl, 2002). Žížaly patří mezi bezobratlé a většinu svého života se vyskytují pod zemí. Důvodem je to, že by v důsledku ultrafialových paprsků mohlo dojít k jejich usmrcení (Kula a Švarc, 2011).

Hadson a kol. (2010) uvádí, že žížaly dokáží snižovat toxicitu těžkých kovů v půdě díky jejich produkci metalothionein- proteinu jež obsahuje částičky kovů (tj. arsen, měď, olovo).

Žížaly se dělí na tři základní skupiny podle jejich výskytu, a to:

- Anektické – žijící v hlubinnách
- Endogeické – žijící pod povrchem
- Epigeické – žijící na povrchu

### **Anektické**

Anektické budují své chodby vertikálně do hloubky, tyto systémy chodeb mohou být dlouhé až 3 metry. Těla těchto žížal jsou dlouhá, mají tmavě zbarvený hřbet a přední konec, zbytek těla je světle růžový. Díky tmavé přední části dokáží hledat potravu, kterou si vtahují do chodeb. Půda je obohacována organickými zbytky, které žížaly vtáhnou do hlubších vrstev. V období sucha tyto žížaly upadnou do klidového stádia (Römbke a kol., 2015, Pižl, 2002, Pommeresche a kol., 2007).

### **Endogeické**

Domovem endogeických druhů jsou hlubší vrstvy půdy. Vytváří krátké horizontální chodby. Jejich pokožka je průsvitná, proto dokáží přežít na světle pouze pár minut. Jejich potrava se skládá z organických zbytků. Na povrch vylézají pouze v době páření, popřípadě pokud je vyplaví déšť. V období sucha upadají do diapauzy (stádia (Römbke a kol., 2015, Pižl, 2002, Pommeresche a kol., 2007).

### **Epigeické**

Epigeické se řadí mezi nejmenší druhy. Žijí v malé hloubce či na povrchu. Aktivně vylézají na povrch a nevytváří chodbičky. Proti ultrafialovému záření je chrání tmavě růžové až hnědé zabarvení. I přesto dokáží přežít na světle pouze 15 minut. Žijí krátce, protože čelí vysokému predančnímu tlaku. V období sucha stráví ve stadiu kokonu stádia (Römbke a kol., 2015, Pižl, 2002, Pommeresche a kol., 2007).

### **Pavouci (Aranea)**

Pavouci patří mezi zajímavý taxon, neboť se liší velikostí. Existují druhy od několika milimetrů až po velikosti jedinců, kteří dosahují několik cm. Podle Kůrky (2003) jsou pavouci většinou dravci a živí se jinými drobnými živočichy. Jejich výskyt je charakteristický velmi rozmanitými ekosystémy. Nachází se v lese, na stromech, v půdě

i na zemi. Patří do poměrně početného společenstva bezobratlých. V současnosti je možné nalézt spoustu studií, které se zabývají právě tímto společenstvem a jeho vlivem na půdní management.

Hole a kol. (2005) doložil 7 studií, které poukazovaly na pozitivní efekt, jež mělo ekologické zemědělství zejména na četnost pavouků. Berry a kol (1996) říká, že existuje malý rozdíl v počtech pavouků napříč jednotlivých druhů managementu. Dokonce byly nalezeny dvě studie, ve kterých se nenacházel žádný rozdíl mezi typy managementu (Berry a kol., 1996).

V půdním společenstvu se pavouci řadí mezi vrcholové predátory, kteří jsou závislí na kořisti. Pokud by nastalo, že jejich potrava vymizí, začnou být vysoce ohroženi.

Jejich funkce je velmi důležitá zejména na orných půdách, neboť díky nim dochází k regulaci počtu bezobratlých, kteří jsou obecně nazýváni jako škůdci Tuf (2013).

### **Brouci (Coleoptera)**

Jsou jedni z nejvíce dominantních společenstev, které se nachází v zemědělských půdách. Jejich bioindikační potenciál je vysoký, stejně jako např. u drabčíkovitých (Staphylinidae), slunéčkovitých (Coccinellidae) nebo střevlíkovitých (Carabidae). Tyto druhy patří mezi nejvíce studované v agrosystémech (Paoletti, 1999).

Rozmanitostí střevlíků se zabývá několik studií např. Langmaack a kol. 2001, Kromp 1999. Z celkového počtu studií, kterých bylo 21 a proběhly mezi v letech 1981–2005, byl potvrzen u 13 pozitivní vliv ekologického zemědělství, u třech nedošlo k rapidním změnám, zbylých 5 studií ukázalo dokonce pozitivní vliv u konvenčního managementu (Fuller a kol. 2005).

### **Střevlíkovití (Carabidae)**

Tato skupina je v Evropě obecně zastoupena vysokou abundancí. Jejich tělo je protáhlé, štíhlé a jsou specifičtí svým rychlým pohybem. Jejich výskyt je charakterizován velmi rozmanitým a širokým prostředím. Žijí převážně na povrchu, výjimečně lze pozorovat i pod zemským povrchem. Pro život si vyhledávají prostředí s vlhkostí, zastíněním a přijatelnou teplotou. Podle Segeeva a Grunthala (1988) si vybírají prostředí podle množství potravy.

Střevlíkovití patří mezi predátory, mimo některých druhů, u kterých došlo k adaptaci na rostlinnou stravu. Střevlíkovití mají významný vliv na ekosystém. Hůrka (1996) říká, že jsou predátory pro bezobratlé živočichy, jako jsou měkkýši, členovci a kroužkovci.

Dále jsou střevlíkovití typičtí svým vlivem na abundanci ostatních bezobratlých v daném ekosystému. Zároveň jsou střevlíkovití velmi citliví na zvýšené množství hnojení.

Charakterizováni jsou také svou citlivostí na pH a vlhkost. Z tohoto důvodu jsou střevlíkovití označováni za jedny ze základních bioindikátorů kvality půdy.

### **Drabčíkovití (Staphylinidae)**

Podle Boháče a Kohouta (2011) jsou drabčíkovití označovány za největší skupinu brouků. V České republice je možné potkat celkem až 1395 druhů drabčíků. Mezi nejčastěji se vyskytující patří skupiny černé barvy. Mezi další patří například hnědí, či nažloutlí. Jejich výskyt je charakteristický pro všechny ekosystémy – obvykle pod listím, kůrou stromů a pod kmeny.

Závislost jejich aktivity je vázána s denní hodinou. Jinak řečeno – přes den jsou aktivní, neboť aktivita je spjata dále s intenzitou světla. Podle Hůrky (2005) jsou drabčíci označováni také jako dravci, jež jsou závislí na zbytkách organické hmoty. Pouze malé množství se živí houbami či rostlinami.

Honěk a Kocián (2003) popisují, že drabčíci jsou více citliví na určité změny v daném prostředí, než je tomu například u střevlíkovitých. Protože je u drabčíků velmi komplikovaná jejich determinace, k indikaci se nepoužívají.

### **Mnohonožky (Diplopoda)**

Mnohonožky jsou specifické svým válcovitým tělem a pravidelným článkováním. Jejich typickým znakem je vyhledávání stinných, vlhkých a tmavých míst, která jim slouží jako vhodný úkryt. Jejich typickým působištěm jsou polní, travnaté, lesní ekosystémy.

Mezi jejich hlavní potravu se řadí listí. Dále jsou mnohonožky specifické svými exkrementy, jež jsou bohaté zejména na minerální látky sloužící k výživě rostlin. Ukázkou zdraví půdy může být právě abundance mnohonožek neboli jejich početností (Crawford a kol., 1983).

Při výběru organismů k indikaci je zapotřebí počítat s jejich širokou ekologickou valencí, přítomností na stanovištích a s rychlostí dané indikace. Bezkorovaynaya (2014) uvádí, že tzv. sentinelové organismy ukládají do svých tkání polutanty, jež jsou v těle zachováni řadu let.

Množství polutantu v daném prostředí lze určit s vysokou přesností při pozdějším rozboru těchto uvedených organismů.

## 4 Metodika

### Oblast

Výzkum byl proveden na pomezí Ústeckého/Středočeského kraje, konkrétně na Podřipsku, konkrétně v obcích Libkovice, Mnetěš a ve městě Budyně nad Ohří. Tyto oblasti se nachází v nížinaté oblasti. Půdním typem ve všech zmíněných oblastech je černozem. Výzkum se zaměřuje na jednotlivé způsoby hospodaření – ekologické, bezorebné a konvenční. Odchyt půdního edafonu byl proveden v průběhu dubna a května 2018.

### Druhy zemědělství

U ekologického zemědělství se používají odlišné osevní postupy. střídají se vojtěška, žito, mák, pšenice, pšenice ozimá, každé 3 roky se zařazuje zelené hnojení. Meziplodinou se zde používá hořčice nebo svazenka.

Konvenční hospodaření používá orbu s radličným pluhem, rostlinné zbytky slouží jako předplodina. Biomasa je meziplodina a nadzemní části plevelů se zanáší při orbě do půdy. Osevní postupy jsou mák, kukuřice, řepka, pšenice ozimá, ale nepoužívá se žádná meziplodina.

Osevní postupy u bezorebného zemědělství jsou: mák, kukuřice, řepka, pšenice ozimá. Nedochází zde k použití žádné meziplodiny. U bezorebného zemědělství se používá řepka, kukuřice, pšenice. V tomto systému před zasetím kukuřice dochází k orbě. Během toho se používá mělké zapracování do půdy, zbytky po sklizni se zanechávají na povrchu půdy.

### Odchyt živočichů

Za použití zemních pastí byli odchyceni bezobratlí. Výroba pastí byla následující: pasti byly vyrobeny z pet lahví, kdy polovina lahve byla odstřižena a její vrchní část sloužila jako tzv. stříška a ochrana proti dešti. Spodní část lahve byla zakopána do země. V každé zemní pasti byl nalit roztok 30 % octa, k octu cca 10 g soli.

Důvodem bylo, že odchycení živočichové byli zakonzervováni. Po zhruba jednom měsíci se zemní pasti vyzvedly, následovalo přepočítání bezobratlých, poté jejich třídění do jednotlivých skupin, čeledí a řádů.

### **Simpsonův index diverzity**

Jarkovský a kol. (2012) uvádí, že Simpsonův index je v ekologii řazen mezi základní statistické výpočty. Jeho charakteristika spočívá v nízké citlivosti vůči druhům, jež jsou vzácné a je naopak závislý na druzích, které jsou nejvíce početné.

Díky tomuto indexu je zjišťována pravděpodobnost, na základě které, patří dva náhodně nalezení jedinci k odlišným druhům.

### **Obrázek 4 - Simpsonův index**

$$D = 1 - \sum_{i=1}^S (p_i)^2 \text{ tedy } D = 1 - \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{N}\right)^2$$

Zdroj: Rovnice Simpsonova indexu, 2019, <https://www.is.muni.cz>

## 5 Výsledky práce

V této kapitole budou zhodnoceny výsledky zastoupení jednotlivých bezobratlých na zemědělských půdách. Na závěr bude proveden výpočet diverzity pomocí Simpsonova Indexu.

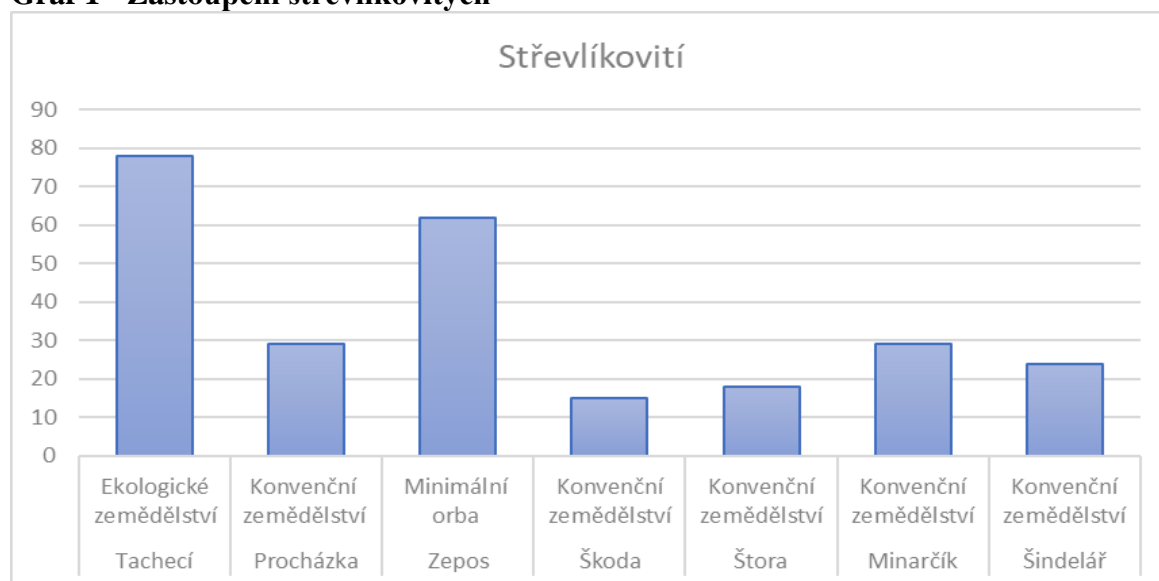
### Draví brouci

**Tabulka 2 - Zastoupení střevlíkovitých**

Zemědělec	Typ zemědělství	Střevlíkovití
Tachecí	Ekologické zemědělství	78
Procházka	Konvenční zemědělství	29
Zepos	Minimální orba	62
Škoda	Konvenční zemědělství	15
Štora	Konvenční zemědělství	18
Minarčík	Konvenční zemědělství	29
Šindelář	Konvenční zemědělství	24

Zdroj: vlastní zpracování

**Graf 1 - Zastoupení střevlíkovitých**



Zdroj: vlastní zpracování

Z grafu vyplývá, že největší zastoupení střevlíkovitých je možné vidět u ekologického zemědělství, celkem 78 jedinců. Na druhém místě se nachází zemědělství s minimální orbou, zastoupení je zde celkem 62 jedinců.



S větším rozdílem následuje konvenční zemědělství, kde počet jedinců je o polovinu nižší nežli u dvou předchozích, tj. Minarčík a Procházka (29 jedinců), Šindelář (24 jedinců), Štora (18 jedinců) a Škoda (15 jedinců).

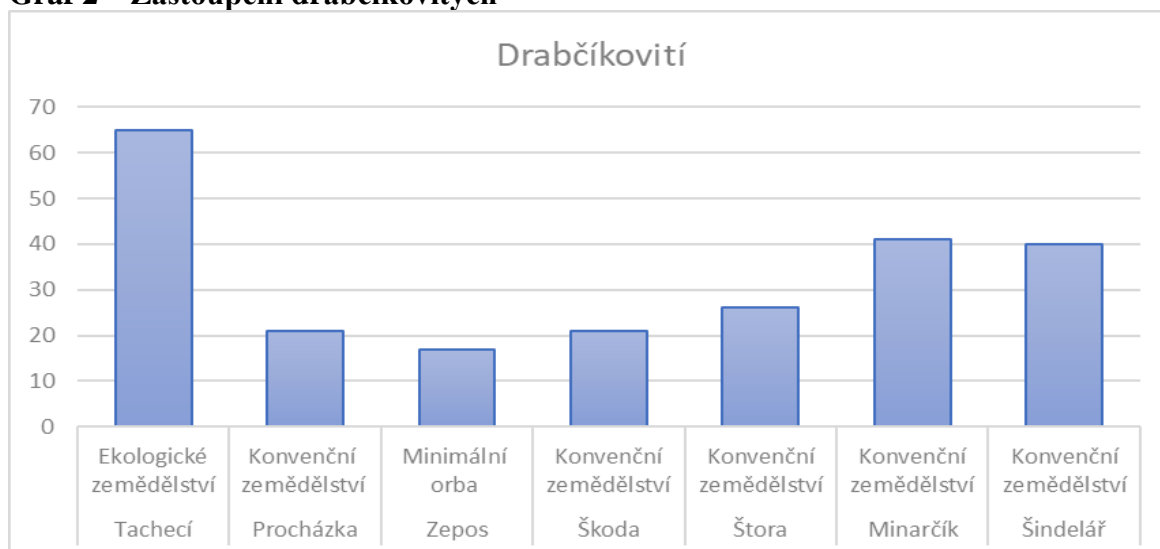
*Následuje zhodnocení zastoupení drabčikovitých.*

Tabulka 3 - Zastoupení drabčikovitých

Zemědělec	Typ zemědělství	Drabčikovití
Tachecí	Ekologické zemědělství	65
Procházka	Konvenční zemědělství	21
Zepos	Minimální orba	17
Škoda	Konvenční zemědělství	21
Štora	Konvenční zemědělství	26
Minarčík	Konvenční zemědělství	41
Šindelář	Konvenční zemědělství	40

Zdroj: vlastní zpracování

Graf 2 – Zastoupení drabčikovitých



Zdroj: vlastní zpracování

Graf č. 2 popisuje zastoupení drabčikovitých na zemědělských půdách. Největší zastoupení je i v tomto případě u konvenčního zemědělství, celkem 65 jedinců. Na druhém místě byli zemědělci s konvenčním typem zemědělství, a to Minarčík (41 jedinců) a Šindelář (40 jedinců). Téměř o polovinu menší zastoupení bylo u konvenčního

zemědělce Štory, tj. 26 jedinců. Zastoupení se stejným počtem je možné vidět u Procházky a Škody, tj. 21 jedinců. Jako poslední, s nejmenším počtem zastoupených je u minimální orby, tedy pouze 17 jedinců.

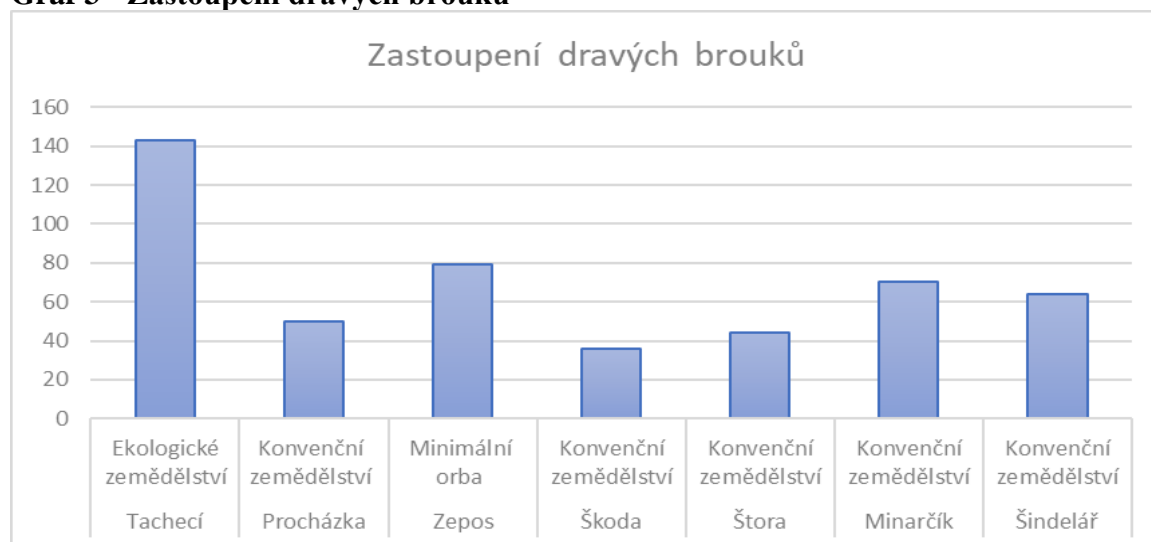
*Následující graf popisuje celkové zastoupení dravých brouků v jednotlivých typech zemědělství.*

Tabulka 4 - Zastoupení dravých brouků

Zemědělec	Typ zemědělství	Zastoupení dravých brouků
Tachecí	Ekologické zemědělství	143
Procházka	Konvenční zemědělství	50
Zepos	Minimální orba	79
Škoda	Konvenční zemědělství	36
Štora	Konvenční zemědělství	44
Minarčík	Konvenční zemědělství	70
Šindelář	Konvenční zemědělství	64

Zdroj: vlastní zpracování

**Graf 3 - Zastoupení dravých brouků**



Zdroj: vlastní zpracování

Z grafu č. 3 je zřejmé jednoznačně největší zastoupení dravých brouků u ekologického zemědělství, celkem tedy 143 jedinců. O polovinu menší zastoupení mají jedinci v minimální orbě, tj. 79 jedinců. Následovalo konvenční zemědělství – Minarčík

(70 jedinců), Šindělář (64 jedinců), Procházka (50 jedinců). Nejmenší zastoupení lze pozorovat u Štory (44 jedinců) a Škody (36 jedinců).

*V následující části bude posuzováno zastoupení čeledi pavouků.*

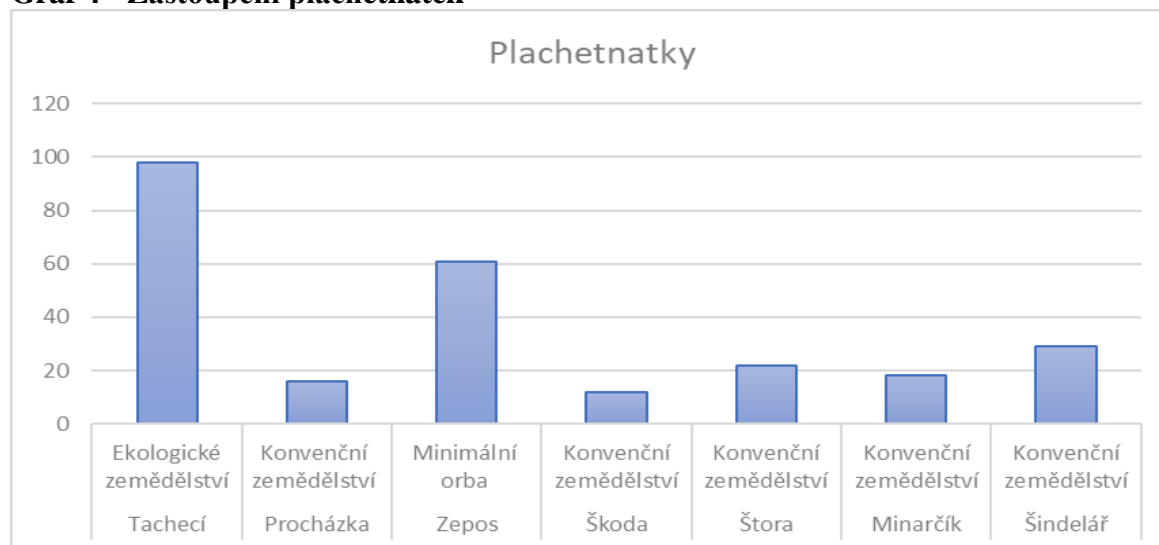
## Pavouci

**Tabulka 5 - Zastoupení plachetnatek**

Zemědělec	Typ zemědělství	Plachetnatky
Tachecí	Ekologické zemědělství	98
Procházka	Konvenční zemědělství	16
Zepos	Minimální orba	61
Škoda	Konvenční zemědělství	12
Štora	Konvenční zemědělství	22
Minarčík	Konvenční zemědělství	18
Šindělář	Konvenční zemědělství	29

Zdroj: vlastní zpracování

**Graf 4 - Zastoupení plachetnatek**



Zdroj: vlastní zpracování

Z grafu č. 4 vyplývá, že největší zastoupení plachetnatek se nachází v ekologickém zemědělství, celkem tedy 98 jedinců. O 1/3 nižší počet zastoupených je možné pozorovat u minimální orby, tj. 61 jedinců. Nejmenší zastoupení je evidováno u konvenčního rozdílu, kde jsou počty v zastoupených jedincích téměř vyrovnané – tj. Šindělář (29), Štora (22), Minarčík (18), Procházka (16) a Škoda (12).

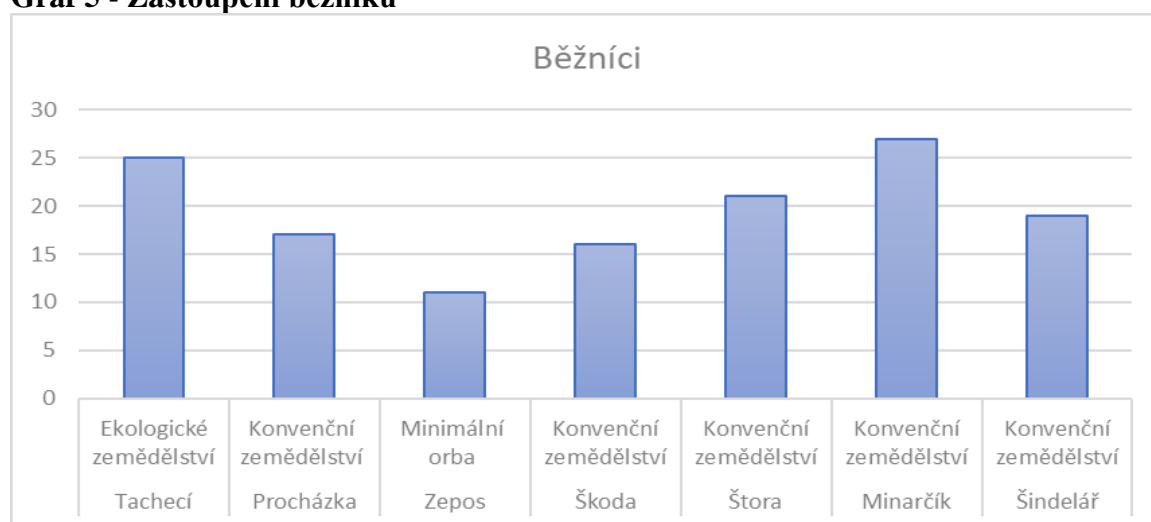
Graf č. 5 porovnává zastoupení běžníků v jednotlivých typech zemědělství.

**Tabulka 6 - Zastoupení běžníků**

Zemědělec	Typ zemědělství	Běžníci
Tachecí	Ekologické zemědělství	25
Procházka	Konvenční zemědělství	17
Zepos	Minimální orba	11
Škoda	Konvenční zemědělství	16
Štora	Konvenční zemědělství	21
Minarčík	Konvenční zemědělství	27
Šindelář	Konvenční zemědělství	19

Zdroj: vlastní zpracování

**Graf 5 - Zastoupení běžníků**



Zdroj: vlastní zpracování

Na rozdíl od grafu č. 4, kde byly rozdíly ve výskytu čeledi plachetnatek velmi výrazné, je u tohoto grafu zastoupení čeledi běžníků na téměř vyrovnané úrovni u všech typů zemědělství. Nejvyšší počet jedinců je zaznamenán u konvenčního zemědělství, konkrétně u Minarčíka (27 jedinců) a v ekologickém zemědělství (25 jedinců). Následovalo konvenční zemědělství – Štora (21 jedinců), Šindelář (19 jedinců), Procházka (17 jedinců) a Škoda (16 jedinců). Nejnižší počet zastoupeních je u minimální orby, pouze 11 jedinců.

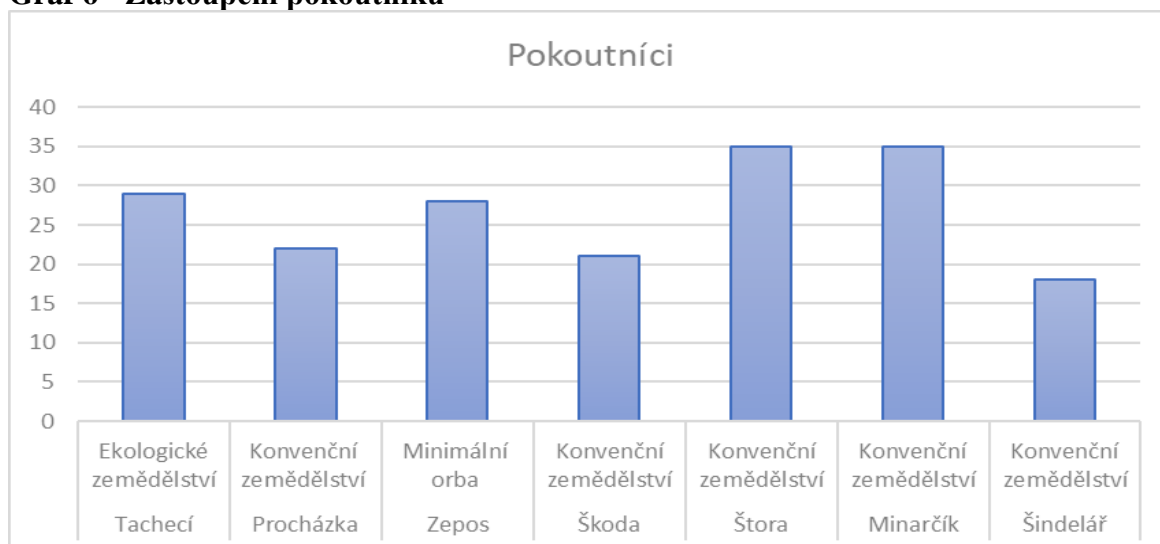
Následující graf popisuje zastoupení pokoutníků u jednotlivých typů zemědělství.

**Tabulka 7 - Zastoupení pokoutníků**

Zemědělec	Typ zemědělství	Pokoutníci
Tachecí	Ekologické zemědělství	29
Procházka	Konvenční zemědělství	22
Zepos	Minimální orba	28
Škoda	Konvenční zemědělství	21
Štora	Konvenční zemědělství	35
Minarčík	Konvenční zemědělství	35
Šindelář	Konvenční zemědělství	18

Zdroj: vlastní zpracování

**Graf 6 - Zastoupení pokoutníků**



Zdroj: vlastní zpracování

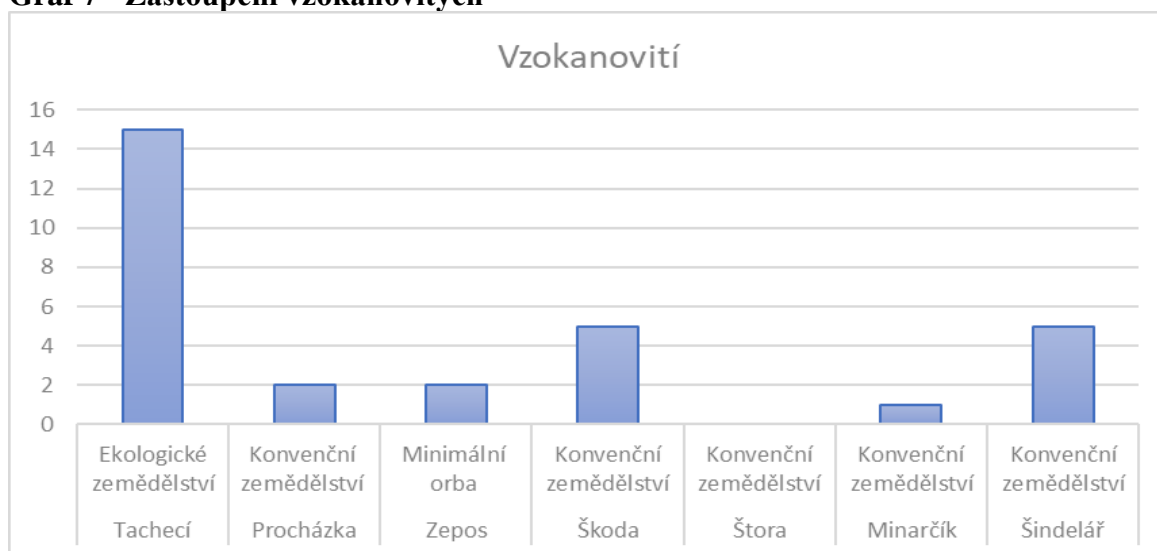
Z grafu vyplývá, že největší zastoupení pokoutníků je u konvenčního zemědělství. Stejně výsledky jsou evidovány u konvenčních zemědělců Štory (35 jedinců) a Minarčíka (35 jedinců). Na druhém místě se nachází ekologické zemědělství, tj. 29 jedinců a minimální orba, tj. 28 jedinců. Nejnižší počet je zaznamenán u konvenčních zemědělců Procházky (22), Škody (21) a Šindeláře (18).

Následuje zastoupení vzokanovitých u jednotlivých typů zemědělství.

**Tabulka 8 - Zastoupení vzokanovitých**

Zemědělec	Typ zemědělství	Vzokanovití
Tachecí	Ekologické zemědělství	15
Procházka	Konvenční zemědělství	2
Zepos	Minimální orba	2
Škoda	Konvenční zemědělství	5
Štora	Konvenční zemědělství	0
Minarčík	Konvenční zemědělství	1
Šindelář	Konvenční zemědělství	5

Zdroj: vlastní zpracování

**Graf 7 - Zastoupení vzokanovitých**

Zdroj: vlastní zpracování

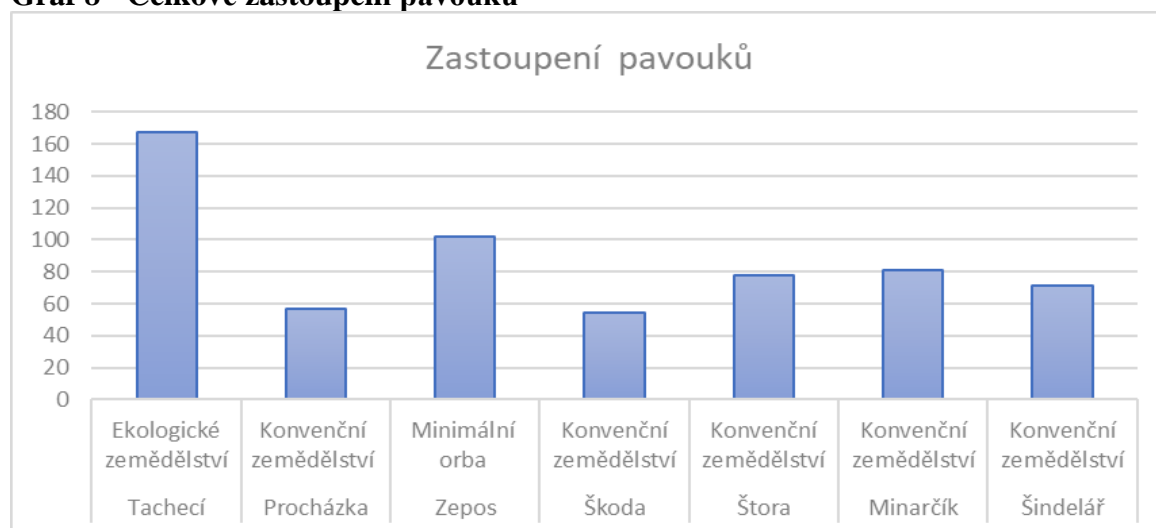
Graf č. 7 popisuje výskyt čeledi vzokanovitých u jednotlivých typů zemědělství. Největší zastoupení je zaznamenáno u ekologického zemědělství, jedná se celkem o 15 jedinců. Na druhém místě se s vyrovnanými výsledky nachází Šindelář (15 jedinců) a Škoda (15 jedinců). Následovala minimální orba se zastoupením 2 jedinců a konvenční zemědělec Procházka, rovněž pouze se 2 jedinci. Jako poslední byl Štora, u kterého nebyl nalezen výskyt žádného jedince.

*Graf č. 8 hodnotil celkový výskyt čeledi pavouků i jednotlivých typů zemědělství.*

**Tabulka 9 - Celkové zastoupení pavouků**

Zemědělec	Typ zemědělství	Zastoupení pavouků
Tachecí	Ekologické zemědělství	167
Procházka	Konvenční zemědělství	57
Zepos	Minimální orba	102
Škoda	Konvenční zemědělství	54
Štora	Konvenční zemědělství	78
Minarčík	Konvenční zemědělství	81
Šindelář	Konvenční zemědělství	71

Zdroj: vlastní zpracování

**Graf 8 - Celkové zastoupení pavouků**

Zdroj: vlastní zpracování

Z grafu vyplývá, že největší zastoupení čeledi pavouků je zaznamenáno u ekologického zemědělství, celkem 167 jedinců. Na druhém místě se nachází minimální orba s výskytem 102 jedinců. Následovalo konvenční zemědělství – Minarčík (81), Štora (78) a Šindelář (71). Nejmenší zastoupení je zaznamenáno u konvenčních zemědělců Procházky (57) a Škody (54).

*Graf č. 9 popisuje zastoupení ostatních druhů bezobratlých u jednotlivých typů zemědělství.*

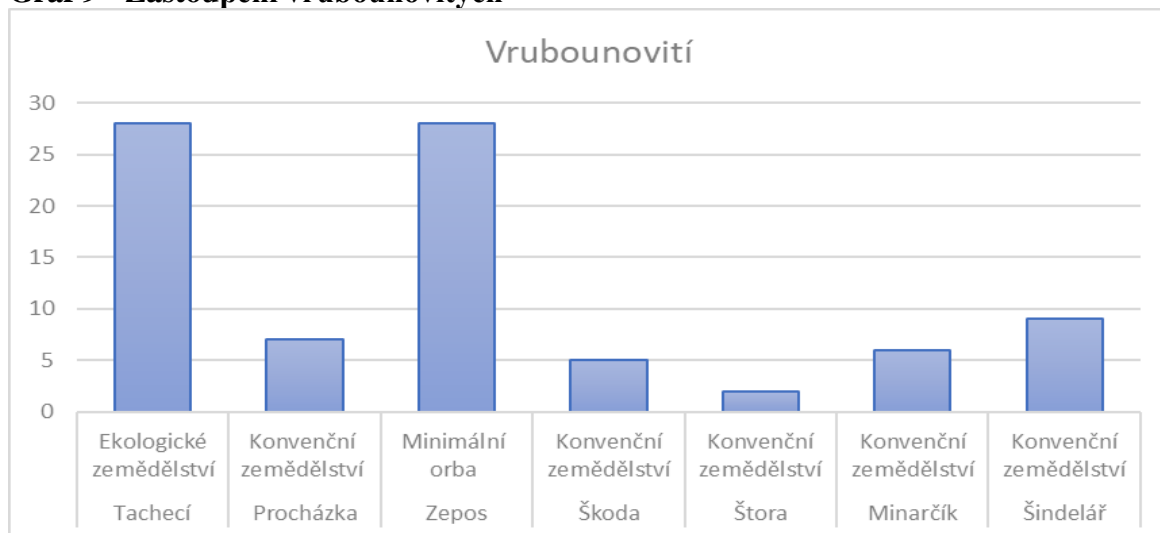
## Ostatní

**Tabulka 10 - Zastoupení vrubounovitých**

Zemědělec	Typ zemědělství	Vrubounovití
Tachecí	Ekologické zemědělství	28
Procházka	Konvenční zemědělství	7
Zepos	Minimální orba	28
Škoda	Konvenční zemědělství	5
Štora	Konvenční zemědělství	2
Mínarčík	Konvenční zemědělství	6
Šindelář	Konvenční zemědělství	9

Zdroj: vlastní zpracování

**Graf 9 - Zastoupení vrubounovitých**



Zdroj: vlastní zpracování

Z grafu č. 9 je zřejmé, že největší počet výskytu čeledi vrubounovitých je zaznamenán u minimální orby (28 jedinců) a u ekologického zemědělství (28 jedinců). Následuje konvenční zemědělství, které je o 1/3 méně zastoupené – Šindelář (9), Procházka (7), Mínarčík (6), Škoda (5) a Štora (2).

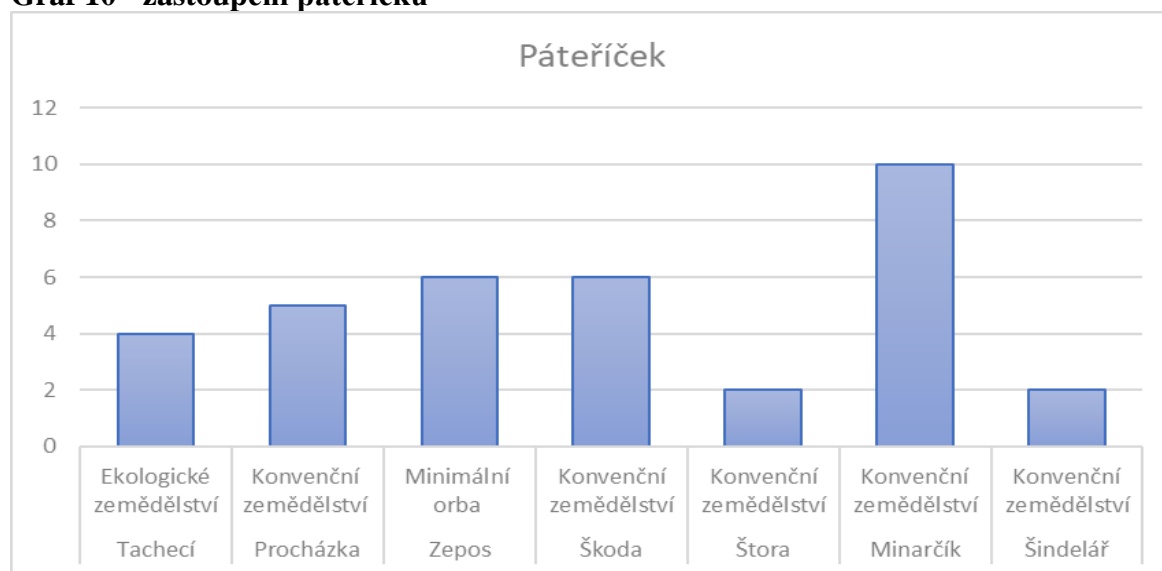
*Graf č. 10 popisuje zastoupení páteříčků v jednotlivých typech zemědělství.*



**Tabulka 11 - zastoupení páteříčků**

Zemědělec	Typ zemědělství	Páteříček
Tachecí	Ekologické zemědělství	4
Procházka	Konvenční zemědělství	5
Zepos	Minimální orba	6
Škoda	Konvenční zemědělství	6
Štora	Konvenční zemědělství	2
Minarčík	Konvenční zemědělství	10
Šindelář	Konvenční zemědělství	2

Zdroj: vlastní zpracování

**Graf 10 - zastoupení páteříčků**

Zdroj: vlastní zpracování

Z grafu je zřejmé, že největší zastoupení je zaznamenáno u konvenčního zemědělce Minarčíka, celkem 10 jedinců. Rovnoměrný výskyt se nachází u minimální orby (6) a u konvenčního zemědělce Škody (6). Následuje konvenční zemědělství Procházka (5) a ekologické zemědělství (4). Nejnižší počet jedinců se vyskytuje u konvenčních zemědělců Štory (2) a Šindeláře (2).

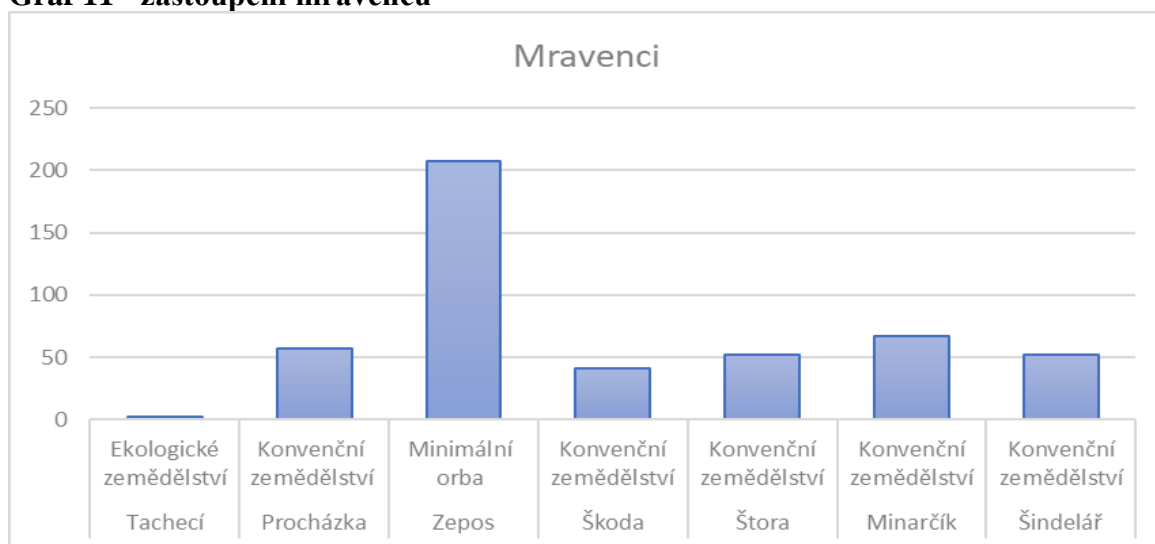
*Následuje výskyt čeledi mravencovitých v jednotlivých typech zemědělství.*

**Tabulka 12 - zastoupení mravenců**

Zemědělec	Typ zemědělství	Mravenci
Tachecí	Ekologické zemědělství	2
Procházka	Konvenční zemědělství	57
Zepos	Minimální orba	207
Škoda	Konvenční zemědělství	41
Štora	Konvenční zemědělství	52
Minarčík	Konvenční zemědělství	67
Šindelář	Konvenční zemědělství	52

Zdroj: vlastní zpracování

**Graf 11 - zastoupení mravenců**



Zdroj: vlastní zpracování

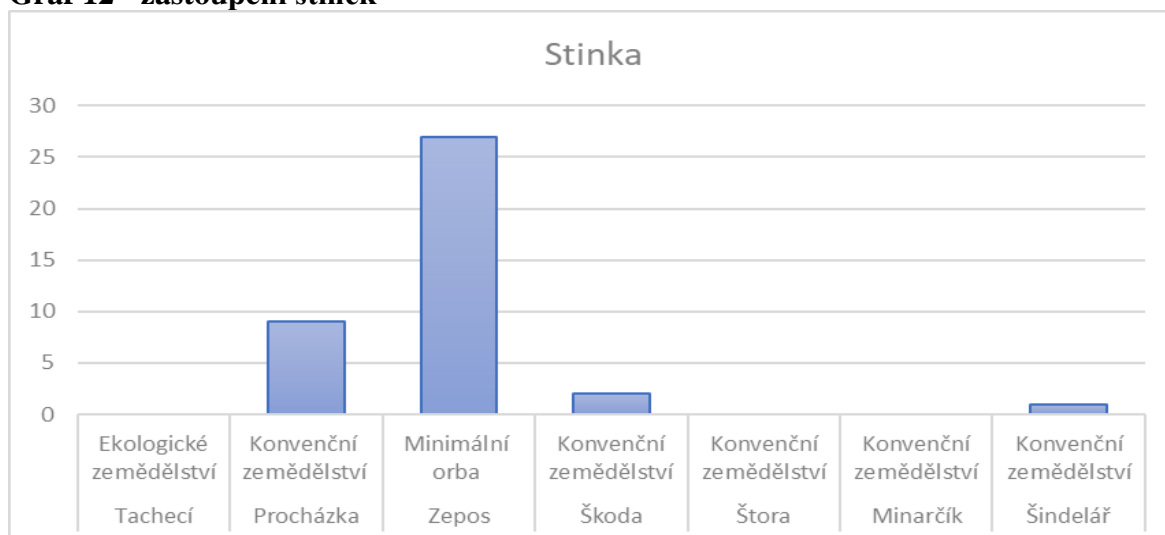
Z grafu č. 11 vyplývá, že největší výskyt čeledi mravcovitých je zaznamenáno u minimální orby, celkem 207 jedinců. Následuje konvenční zemědělství – Minarčík (67), Procházka (57), dále se stejným počtem zastoupených Štora (52) a Šindelář (52). Předposledním zemědělcem v konvenčním typu zemědělství je Škoda (41). Nejmenší počet zastoupených jedinců je evidováno u ekologického zemědělství, pouze 2 jedinci.

*V následujícím grafu je znázorněné zastoupení čeledi stínkovitých v jednotlivých typech zemědělství.*

**Tabulka 13 - zastoupení stinek**

Zemědělec	Typ zemědělství	Stinka
Tachecí	Ekologické zemědělství	0
Procházka	Konvenční zemědělství	9
Zepos	Minimální orba	27
Škoda	Konvenční zemědělství	2
Štora	Konvenční zemědělství	0
Minarčík	Konvenční zemědělství	0
Šindelář	Konvenční zemědělství	1

Zdroj: vlastní zpracování

**Graf 12 - zastoupení stinek**

Zdroj: vlastní zpracování

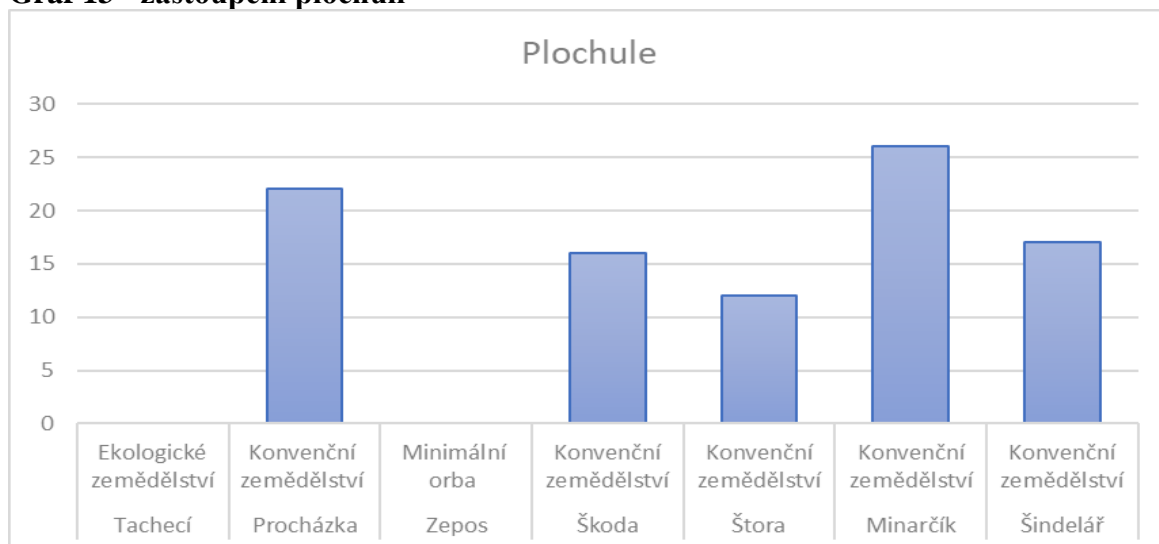
Z grafu č. 12 vyplývá, že největší počet zastoupených jedinců je zaznamenán u minimální orby (27). Následuje konvenční zemědělství Procházka s počtem 9 jedinců, dále Škoda, kde byli odchytnuti pouze 2 jedinců a konvenční zemědělství Šindelář, kde byl nalezen pouze 1 jedinec. U zbývajících zemědělských ploch, tj. ekologické zemědělství a konvenční zemědělství (Štora, Minarčík) nebyli odchytnuti žádní jedinci.

*Následuje zastoupení plochulí v jednotlivých typech zemědělství.*

**Tabulka 14 - zastoupení plochulí**

Zemědělec	Typ zemědělství	Plochule
Tachecí	Ekologické zemědělství	0
Procházka	Konvenční zemědělství	22
Zepos	Minimální orba	0
Škoda	Konvenční zemědělství	16
Štora	Konvenční zemědělství	12
Minarčík	Konvenční zemědělství	26
Šindelář	Konvenční zemědělství	17

Zdroj: vlastní zpracování

**Graf 13 - zastoupení plochulí**

Zdroj: vlastní zpracování

Z grafu je zřejmé, že největší zastoupení mají jedinci v konvenčním zemědělství u Minarčíka, celkem tedy 26. Následuje konvenční zemědělství Procházka s počtem 22 jedinci. Další byli konvenční zemědělci Šindelář (17) a Procházka (16). Nejmenší počet zastoupených je zaznamenán u konvenčního zemědělství Štory (12).

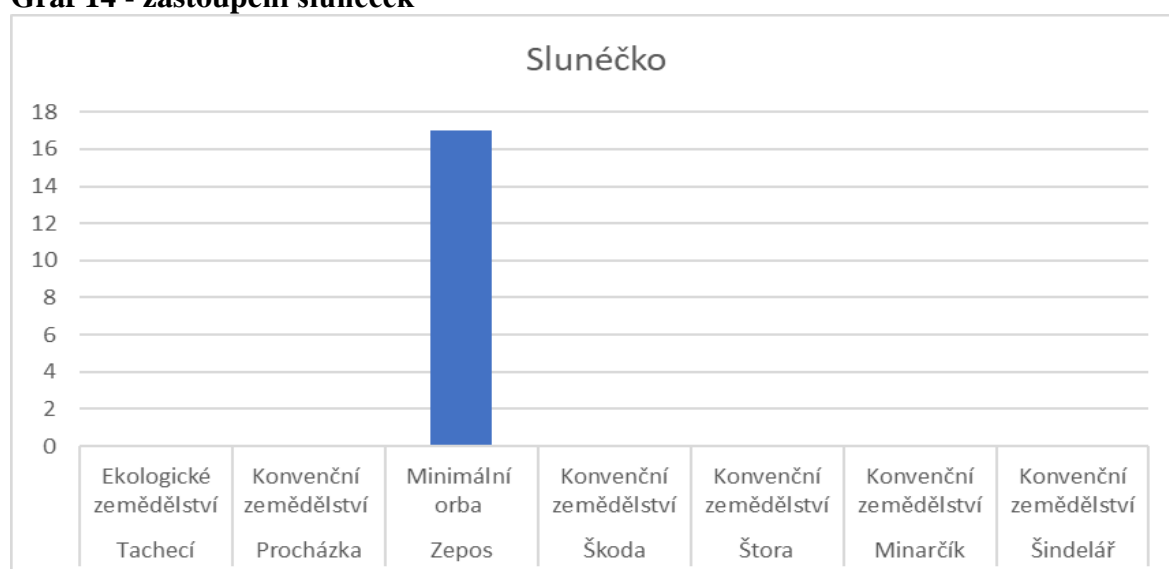
U ekologického typu zemědělství a minimální orby nebyli nalezeni žádní jedinci tohoto druhu.

*Následuje zastoupení slunéčkovitých u jednotlivých typů zemědělství.*

**Tabulka 15 - zastoupení sluněček**

Zemědělec	Typ zemědělství	Sluněčko
Tachecí	Ekologické zemědělství	0
Procházka	Konvenční zemědělství	0
Zepos	Minimální orba	17
Škoda	Konvenční zemědělství	0
Štora	Konvenční zemědělství	0
Minarčík	Konvenční zemědělství	0
Šindelář	Konvenční zemědělství	0

Zdroj: vlastní zpracování

**Graf 14 - zastoupení sluněček**

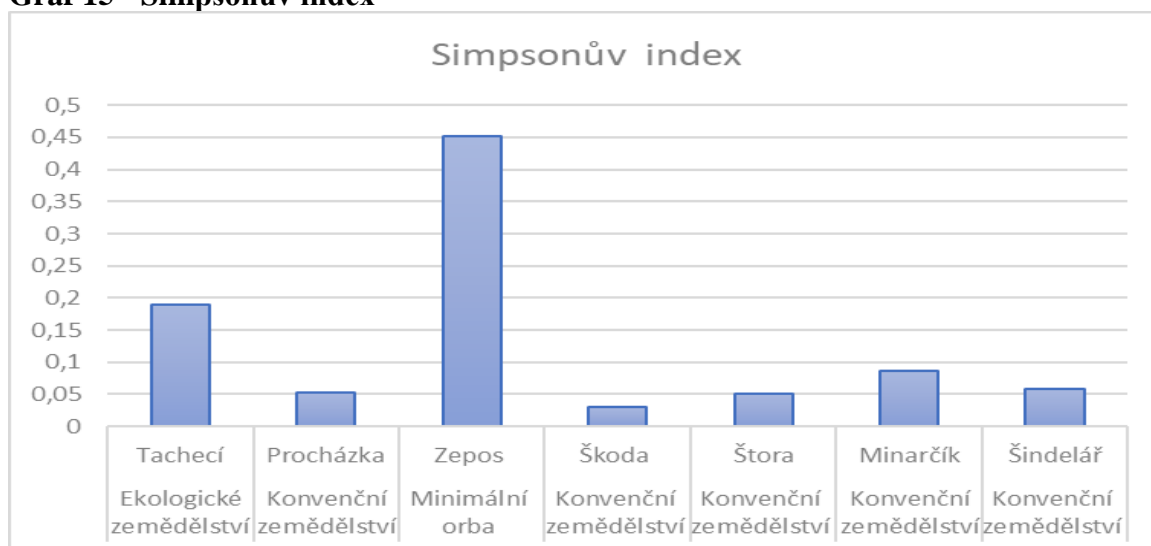
Graf č. 14 popisuje zastoupení čeledi sluněčkovitých v jednotlivých způsobech hospodaření. Z tohoto grafu je zřejmé, že tito jedinci byli zastoupení pouze u minimální orby, celkem se jednalo o 17 jedinců. U ostatních druhů hospodaření, tj. konvenční a ekologické nebyly odchyceni žádní jedinci.

*Poslední částí výzkumu je výpočet diverzity na základě Simpsonova indexu.*

**Tabulka 16 - Simpsonův index**

Typ zemědělství	Zemědělec	Simpsonův index
Ekologické zemědělství	Tachecí	0,189359113
Konvenční zemědělství	Procházka	0,052418537
Minimální orba	Zepos	0,451679962
Konvenční zemědělství	Škoda	0,029864116
Konvenční zemědělství	Štora	0,050753786
Konvenční zemědělství	Minarčík	0,08536709
Konvenční zemědělství	Šindelář	0,057514197

Zdroj: vlastní zpracování

**Graf 15 - Simpsonův index**

Zdroj: vlastní zpracování

Graf č. 15 udává výsledky výpočtu Simpsonova indexu, kde jsou nejvyšší hodnoty zaznamenány u minimální orby (0,45) a ekologického zemědělství (0,19). Hodnoty u konvenčního způsobu hospodaření byly vyvážené.

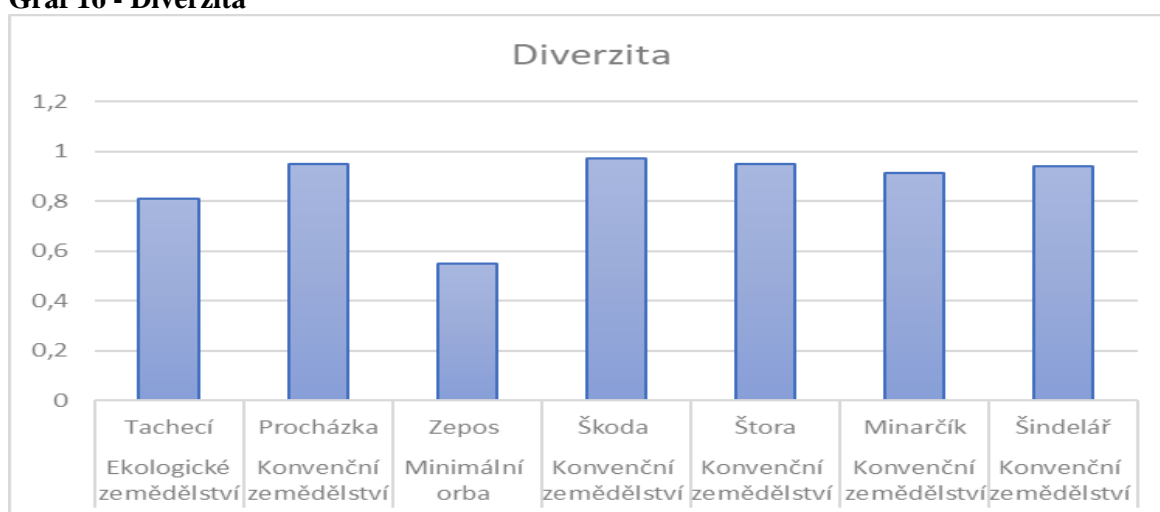
*Následuje znázornění celkové diverzity na jednotlivých typech zemědělství.*

**Tabulka 17 - Diverzita**

Typ zemědělství	Zemědělec	Diverzita
Ekologické zemědělství	Tachecí	0,810641
Konvenční zemědělství	Procházka	0,947581
Minimální orba	Zepos	0,54832
Konvenční zemědělství	Škoda	0,970136
Konvenční zemědělství	Štora	0,949246
Konvenční zemědělství	Minarčík	0,914633
Konvenční zemědělství	Šindelář	0,942486

Zdroj: vlastní zpracování

**Graf 16 - Diverzita**



Zdroj: vlastní zpracování

Graf č. 16 znázorňuje celkovou diverzitu u jednotlivých typů zemědělství. Na rozdíl od Simpsonova indexu, kde byly zaznamenány nejvyšší hodnoty u minimální orby a ekologického zemědělství, jsou u celkové diverzity nejvyšší hodnoty zaznamenány u všech konvenčních zemědělství. Následuje ekologické zemědělství a na posledním místě se nachází minimální orba.

## 6 Diskuze

Z výsledků, které se nám podařilo získat, je zřejmé, že ekologické zemědělství společně s minimální orbou jsou šetrnější k půdním organismům. Hole a kol. (2005) uvádí, že ekologické zemědělství má pozitivní vliv na bezobratlé, ovšem existují studie, které dokazují opak. Podle Irmlera (2003) je jeden z důležitých faktorů půdní typ, izolovanost, klimatické podmínky a heterogenita krajiny.

Za velmi důležité se pokládá tyto faktory hodnotit jako celek, neboť jednotlivě působí na jiné a mohou mít za důsledek ovlivnění výsledku jako celku. Narušování půdního povrchu nemusí některým bezobratlým svědčit, to je doloženo tím, že na půdách, jež jsou obhospodařované minimálně neboli bezorebně se nachází více bezobratlých než na polích, které jsou obhospodařovány konvenčně. Jedním z klíčových faktorů může být i osevňovací postup, kde je důležitá např. jetelotráva, která má pozitivní vliv, nejen na půdu, ale i na biodiverzitu (Pfiffner a Balme, 2009).

Střevlíkovití mají převahu v ekologickém zemědělství a za minimální orby. To je srovnatelné s výsledky, které jsme očekávali, tj. že ekologické zemědělství bude mít nejlepší výsledky v početnosti dravých brouků. Komp (1999) ve své studii ukazuje na vyšší zastoupení střevlíkovitých v ekologickém zemědělství. Podle Hůrky (1996) mají střevlíkovití menší zastoupení na polích, kde se hnojí organickými hnojivy. Oproti tomu Hole a kol. (2005) ve své studii deklarují, že vliv zemědělství nemá až tak velký význam na početnost, protože v jednom roce vyšlo vyšší zastoupení u ekologického zemědělství a v roce dalším u konvenčního. Střevlíci jsou predátoři, kteří nemají specializovaný druh potravy, proto se vyskytují tam, kde mají více přirozené potravy.

Drabčíkovití jsou na tom podobně jako střevlíkovití, největší zastoupení se nachází v ekologickém zemědělství. To je zcela podle očekávání, neboť Hůrka (1996) ve své studii uvádí, že drabčíkovití společně se střevlíkovitými jsou citliví vůči chemickým látkám využívaným v zemědělství. Honěk a Kocián (2003) ve své studii popisují, že drabčíkovití jsou citlivější než střevlíkovití na druhy pesticidů. Boháč (1999) říká, že počty drabčíkovitých bývají vyšší než střevlíkovitých, dokonce je řadí mezi indikátory kvality, jež jsou nejpřesnější.

Pavouci mají největší početnost u ekologického zemědělství, konkrétně se jedná o čeledi plachetnatek a vzokanovitých. U konvenčního zemědělství mají oproti tomu větší zastoupení běžníci a pokoutníci. Jeden z hlavních důvodů může být ten, že plachetnatky



budují sítě pod povrchem půdy, a proto jsou více ovlivněny chemikáliemi v půdě. Oproti tomu běžníci nebudují sítě a jsou mobilnější. Z tohoto důvodu se dokáží škodlivému vlivu z chemických látek lépe vyhnout (Brichta, 2009). Hole a kol. (2005) ukazují na vyšší početnost pavouků v konvenčním zemědělství. Honěk (1988) ve své studii uvádí, že vyšší počty pavoukovitých lze nalézt na polích, kde je menší hustota rostlin.

Celkově vyšší abundance je na polích s ekologickým zemědělstvím. Tento výsledek se dal očekávat a potvrzuje ho většina literárních zdrojů jako je tomu například ve studii Hůrky (1996). Gaigher a Samways (2010) říkají, že abundance bezobratlých je největší, pokud se jedná o přirozené prostředí, následně v ekologickém zemědělství až po zemědělství konvenční.

V závěru výzkumu byl proveden výpočet diverzity pomocí Simpsnova indexu. Výrazný rozdíl mezi jednotlivými typy zemědělství, tj. ekologické, konvenční a minimální orba, je zaznamenán právě u minimální orby. U konvenčního a ekologického zemědělství se hodnoty příliš neliší. Pokorný a kol. (2007) uvádí, že vyšší druhová diverzita je zaznamenána u ekologického zemědělství.

Výsledky výzkumu se téměř shodují s výsledky studie, kterou provedl Mikula. Největší zastoupení se nacházelo u ekologického zemědělství. Dále Mikula (2012) uvádí, že klimatické vlivy mohou být jedny z limitujících faktorů, které ovlivňuje rostlinný pokryv a růst plevelů.

## **Závěr**

Cílem výzkumu bylo porovnání vlivu jednotlivých způsobů zemědělství na abundanci půdních bezobratlých. Z výsledků jasně vyplývá, že u ekologického zemědělství je nejvyšší abundance všech čeledí, naopak nejnižší počty jsou zaznamenány u zemědělství konvenčního. Půda u ekologického zemědělství obsahuje nejvyšší zastoupení organické hmoty, jak jsem zjistil při zpracování bakalářské práce. Tato práce je shodná s výsledky jiných autorů, kteří dokázali, že různé druhy živočichů preferují odlišné typy zemědělství.

Ačkoli je ekologické zemědělství šetrnější k životnímu prostředí, nikdy nedosáhne takových výnosů jako je tomu například u zemědělství konvenčního. Menší výnosy jsou však kompenzovány vyšší biodiverzitou, udržitelností produkce a zdravým životním prostředím. Hlavní důraz je zde kladen na ochranu životního prostředí, člověka, živočichy i rostliny (Hrabalová, 2011).

Dosažené výsledky zároveň potvrdily naši hypotézu, která byla stanovena na začátku, tj. ekologické zemědělství je nejpříznivější a má pozitivní vliv na půdní společenstva a na další ukazatele kvality půdy.

Tento výzkum prokázal vliv hospodaření u určitých taxonů. Myslím si, že by bylo vhodné při dalších odchycích pozměnit metodiku a zvolit jiný typ odchytu bezobratlých, či prodloužit dobu položených pastí. Důvodem těchto změn by mohl být například fakt, že u některých skupin bylo odchyceno pouze malé množství daných jedinců.

V současnosti na území České republiky dochází k vyšší podpoře ekologického zemědělství. Celkově si myslím, že by se tento způsob hospodaření měl i nadále podporovat.

## Seznam použitých zdrojů

### Bibliografické zdroje

ALTIERRI, M. A., 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 74: 19–31.

Benefits of organic farming to biodiversity vary among taxa, *Biol. Lett.* 2005, 1, 431 – 434.

BERRY, N.A., WRATENN, S.D., MCERLICH, A., FRAMTON, C., 1996. Abundance and diversity of beneficial arthropods in conventional and organic carrot crops in New Zealand. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science* 24: 303–313.

BEZKOROVAYNAY, I. N., 2014: Forest – tundra soil invertebrate communities under conditions of technogenic pollution. *Sibirskii Ekologicheskii Zhurnal* 6. 708 – 713 s.

BICK, H., 1982. Bioindikatoren und Umweltschutz. *Decheniana-Beihefte (Bonn)* 26, 2–5.

BOHÁČ, J., KOHOUT, P., 2011. Metody studia biodiverzity v porostech energetických rostlin – půdní a epigeičtí brouci. *Acta Pruhoniciana* 97. 85 – 96 s.

BOHÁČ, J., MOUDRÝ, L., DESETOVÁ, 2006. Biodiversity and Agriculture. *Život. Prostr.* N.1.

BONGERS, T., 1990. The maturity index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia* 83. 14 – 19 s.

BRUCHTER, M., 2012. *Zakládáme a udržujeme ekozahradu*. Praha: Grada. Česká zahrada. ISBN 978-80-247-4280-9.

CRAWFORD, C. S., MINION, G. P., BOYERS, M. D., 1983. Intima morphology, bacterial morphotypes, and effects of annual molt on microflora in the hindgut of the desert millipede, *Doplopoda*. *Morphol Embryol* 12 S. 301-312 s.

DORAN, J. W., PARKIN, T. B., 1994. Defining and assessing soil quality. *SSSA Special Publication Number 35*. S. 3-21.

DOUBLE, B.M., BROWN, G.C. 1998. Life in a complex community: fiction interactions between earthworms, organic matter, microorganisms and plants. In: Edwards, C.A.(ed), *Earthworm Ecology*. CRC Press. Boca Raton. FL: 179–212.

DUELLI, P., OBRIST, M. K., 1998. In search of the best correlates for local organismal biodiversity in cultivated areas. *Biodivers. Conserv.* 7, 297–309.

FOISNERR, W., 1999. Soil protozoa as bioindicators: pros and cons, methods, diversity, representative examples. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74 (1-3), 95–112.

FUKA, V., 2003. *Od minimalizace se neustupuje*. *Zemědělec* Roč. 11, č. 22, s. 23.

FULLER, R. J., NORTON, L. R. FEBER, R. E., JOHSON, P. J., CHAMBERLAIN, D. E., JOYS, A. C., MATHEWS, F., STUARTS, R. C., TOWNSEND, M. C., MANLEY, W. J. WOLFE, M. S. MACDONALD, D. W., FIRBANK, G.

GIAMPIETRO, M., PAOLETTI, M.G., BUKKENS, S.G.F., CHUNRU,

H., H., 1997: Preface. Biodiversity in agriculture for a sustainable future. *Agric. Ecosyst. Environ.* 62 (2,3), 77–79.

GIPFL, L., 2017. *Výskyt vybraných skupin půdních bezobratlých na orných půdách s různými typy hospodaření*. Česká zemědělská univerzita v Praze.

GLIESMANN, S.R., 1997. *Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture*. Chelsea: Sleeping Bears Press.

HADSON, M. E., 2010. The need for sustainable remediation. *Elements* 6. 363-368 s.

HELAWELL, J. M., 1986. Biological indicators of freshwater pollution and environmental management. *Pollution monitoring*. Elsevier, Amsterdam, 446 pp.

HOLE, D. G., PERKINS A. J., WILSON, J. D., ALEXANDER, I. H., GRICE, P. V., EVANDS, A. D., 2005: Does organic farming benefit biodiversity? *Biol. Conserv* 122. S. 113-130.

HONĚK, A., Kocian, M., 2003. Importance of woody and grassy areas as refugia for field Carabidea and Staphylinidea (Coleoptera). *Acta Soc. Zool Bohem Czech Republic* 67. s. 71-81.

HŮLA, J., PROCHÁZKOVÁ, B., 2008. *Minimalizace zpracování půdy*. Praha: Profi Press. ISBN 978-80-86726-28-1.

HŮRKA, K., 1996. Carabidea České a Slovenské republiky. Kabourek, Zlín, 565 s.

JANDÁK, J. a kol., 2007. Půdoznalství. Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, Brno, 142 s.

JARCOVSKÝ, J., LITTNEROVÁ, S., DUŠEK L., 2012. Akademické nakladatelství cerm s.r.o., Brno, 77 s.

JONES, D.T., HOPKIN, S.P., 1996. Reproductive allocation in the terrestrial isopods *Porcellio scaber* and *Oniscus asellus* in a metal-polluted environment. *Functional Ecol.* 10, 741–750.

KALINOVÁ, J., 2007. *Půdní úrodnost, výživa a hnojení rostlin v ekologickém zemědělství: odborná monografie*. V Českých Budějovicích: Jihočeská univerzita, Zemědělská fakulta. ISBN 978-80-7394-029-4.

KRATOCHVÍLOVÁ, L., 2014. *Vybrané fyzikální parametry jako indikátory kvality půdy*. Brno.

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 s.

KULA, E., ŠVARC, P. 2011. Žížaly (Lumbricidae) lesních ekosystémů narušených imisemi a ovlivněných rekompensačním vápněním v Krušných horách. Mendelova univerzita v Brně. Brno. 99. ISBN: 978-80-7375-482-2.

KŮRKA, A., 2003. Pavouci i další bezobratlí. Euromedia Grup k.s. Praha, 152 s.

KUTÍLEK, M., 1978. Vodohospodářská pedologie. SNTL-Nakladatelství technické literatury, Praha, 296 s. Typové číslo: L17-C3-IV-31/78119.

LULTZE, J. L., GIFORD, M. R., 2000. Nitrogen accumulation and distribution in *Donthonia richardsonii* swards in response to CO<sub>2</sub> and nitrogen supply over four years of growth. *Global Change Biology* 6. S. 1-12.

MARADA, P., 2011. *Zvyšování přírodní hodnoty polních honiteb: analýza polních honiteb včetně zdravotního stavu zvěře, postupy při obnově a péči o krajinné prvky, dotace na realizaci jednotlivých opatření*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3885-7.

MENACHO, A., Vega J., M., 1989. Effect of nitrogen starvation on ammonium assimilation by *Chlamydomonas reinhardtii*. *Physiologia Plantarum* 75. S. 285-289.

MESTDAH, I., SLEUTEL, S., LOOTENS, P., VAN CLEEMPUT O., CARLIER L., 2005: Soil organic carbon stocks in verges and urban areas of Flanders. *Belgium Graz and Forage Science* 60. S. 151-156.

MIKULA, J., 2012. Využití půdních bezobratlých jako indikátorů kvality půdy. Disertační práce, Univerzita Palackého v Olomouci.

NĚMEC, M., 1986. Ekologie mikroorganismů. Státní pedagogické nakladatelství, Praha, 201 s.

PAOLETTI M. G. 1999: The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 74: 137–155.

PAOLETTI M. G. 1999: Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 74: 1–18.

PAOLETTI, M. G., FAVRETTO, M. R., MARCHIATO, A., BRESSAN, M., BABETTO, M., 1993: Biodiversita negli Agroecosistemi. Osservatorio Agroambientale. Centrale Ortofrutticola, Froli, 159 s.

PIŽL, V., 2002. Žížaly České republiky (Earthworms of the Czech Republic). – Sborník přírodovědeckého klubu v Uh. Hradišti. Supplementum 9. Agentura NP v.o.v., Staré Město. 154 s. ISBN: 80-86485-04-8.

POKORNÝ, E., ŠARAPATKA, B., HEJÁTKOVÁ, K., 2007. *Hodnocení kvality půdy v ekologicky hospodařícím podniku: metodická pomůcka*. Náměšť nad Oslavou: ZERA-Zemědělská a ekologická regionální agentura. ISBN 80-903548-5-8.

POMMERSCHÉ, R., HANSEN, S., LOES, A. K., SYEISTRUP, T. 2010. Žížaly a jejich význam pro zlepšování kvality půdy. Bioinstitut. Olomouc. 22 s. ISBN: 978-80-87371-02-2.

PRAX A., POKORNÝ E., 2004. Klasifikace a ochrana půd. Ediční středisko Mendelovy univerzity v Brně, Brno, 176 s. ISBN 80-7157-746-4.

REHÁK Š., JÁNSKÝ L., 2000. Fyzika pôdy I. Základné fyzikálne vlastnosti pôdy. 1-103. Univerzita Komenského, Bratislava.

RÖMBKE, J., JANSCH, S., DIDDEN, W., 2005. The use of earthworms in ecological soil classification and assesment concepts. *Ecotoxology Enviromental Safety*, 62:249:265.

ROMING, D.E., GARLYND, M.J., HARRIS, R.F., 1996. Farmer-based assessment of soil quality: a soil health scored. In: Doran, J.W. et Jones, A.J. (Eds.): *Methods for assessing soil quality*. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wi: 39-60.

RYCHNOVSKÁ, M. a kol. 1985. *Ekologie lúčních porostu*. Praha: Academia, 1985. 291 s.

ŘÍHOVÁ, D., 2013. *Půdní bezobratlí: Zoologická zahrada pro každého*. Pedagogická fakulta Univerzity Karlovy, Praha, 43 s.

SARRANTONIO, M., DORAN, J.W., LIEBIG, M.A., HALVORSON, J.J., 1996. On farm assessment of soil quality and health. In: Doran, J.W. et Jones, A.J. (Eds.): *Methods for assessing soil quality*. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wi: 83–106.

SERGEEVA, T. K., GRUNTHAL, S. J., 1988. Seasonal trophic dynamic of *Pterostichus olongopunctatus* (Coleoptera, Carabidea). *Zoo žurnal* 4. 548 – 556 s.

STARÝ, J., 1996. Pancířníci (Acari: Orbatida) v sekundární sukcesní řadě hnědých půd v jižních Čechách. *Sborník Jihočeského muzea, přírodní vědy* 33, 25-33 s.

ŠANTRŮČEK, J., HRONKOVÁ, M., KVĚTOŇ, J., SAGE, R.F., 2003. Photosynthesis inhibition during gas exchnage oscillations in ABA-treated *Helianthus annuus*: relative role of stomatal patchiness and leaf carboxylation capacity. *Photosynthetica* 41: 241-252.

ŠARAPATKA, B., 2014. *Pedologie a ochrana půdy*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-3736-1.

ŠARAPATKA, B., URBAN, J., 2006 *Ekologické zemědělství v praxi*. Šumperk: PRO-BIO. ISBN 80-87080-00-9.

ŠIMEK, M., 2004. *Základy nauky o půdě, 4. degradace půdy*. České Budějovice, Jihočeská univerzita, Biologická fakulta, České Budějovice, 225 s.

TUF, I., H., 2013. *Praktika z půdní zoologie*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci. ISBN 978-80-244-3479-7.

URBAN, J., ŠARAPATKA, B., 2003. *Ekologické zemědělství: učebnice pro školy i praxi*. Praha: MŽP. ISBN 80-7212-274-6.

VÁVROVÁ, M., ZLÁMALOVÁ, GARGOŠOVÁ, H., ŠUCNAM, E., VEČEREK, V., KOŘÍNEK, P., ZUKAL, J., ZEJDA, J., SEBASTIÁNOVÁ, N., KUBIŠTOVÁ, I., 2003. Game animal and small terrestrial mammals – suitable bioindicators for the pollution assessment in agrarian ecosystems. *Fresen. Environ. Bull.*; 12(2):165–172.

WALLWORK, J. A., 1983. Oribatids in forest ecosystem. *Annual review of Entology* 25. 109-130 s.

ZAUJEC A., CHLPIK J., NÁDAŠSKÝ J., SZOMBATHOVÁ N. a TOBIAŠOVÁ E., 2009. *Pedologia a základy geologie*. SPU, Nitra, 399 s.

### **Internetové zdroje**

HRABALOVÁ, A., 2016. *Ekologické zemědělství a BIO potraviny v ČR* [online]. [cit. 2018-12-01]. Dostupné z: <http://www.bio-info.cz/zpravy/ekologicke-zemedelstvi-a-biopotraviny-v-cr>.

MINERÁLNÍ HNOJIVA, 2019. [online]. Mendelova univerzita v Brně [cit. 2019-01-25]. Dostupné z: [https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz\\_cast.pl?cast=71353](https://is.mendelu.cz/eknihovna/opory/zobraz_cast.pl?cast=71353).

MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ, 2018. *Zemědělství* [online]. [cit. 2018-12-01]. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/web/mze/zemedelstvi/zemedelstvi.html>.

VÁCLAVÍK, T., 2018. *Průmyslové zemědělství a naše zdraví* [online]. [cit. 2018-12-01]. Dostupné z: <http://www.agronavigator.cz/ekozem/attachments/PrumZemedelstvi%5B1%5D.pdf>.

VÝZKUMNÝ ÚSTAV MELIORACÍ A OCHRANY PŮDY, 2001. [online]. 2001 [cit. 2018-12-01]. Dostupné z: <http://www.vumop.cz/>

## Přílohy

### Seznam tabulek

Tabulka 1 - Klasifikační stupnice zemin .....	28
Tabulka 2 - Zastoupení střevlíkovitých .....	40
Tabulka 3 - Zastoupení drabčíkovitých .....	41
Tabulka 4 - Zastoupení dravých brouků .....	42
Tabulka 5 - Zastoupení plachetnatek .....	43
Tabulka 6 - Zastoupení běžníků.....	44
Tabulka 7 - Zastoupení pokoutníků .....	45
Tabulka 8 - Zastoupení vzokanovitých.....	46
Tabulka 9 - Celkové zastoupení pavouků.....	47
Tabulka 10 - Zastoupení vrubounovitých.....	48
Tabulka 11 - zastoupení páteříčků .....	49
Tabulka 12 - zastoupení mravenců .....	50
Tabulka 13 - zastoupení stinek .....	51
Tabulka 14 - zastoupení plochulí.....	52
Tabulka 15 - zastoupení slunéček.....	53
Tabulka 16 - Simpsonův index .....	54
Tabulka 17 - Diverzita .....	55

### Seznam obrázků

Obrázek 1 - Zemědělská půda v režimu ekologického zemědělství.....	15
Obrázek 2 - Pyknometr .....	27
Obrázek 3 - Kopeckého (fyzikální) válečky .....	27
Obrázek 4 - Simpsonův index.....	39

### Seznam grafů

Graf 1 - Zastoupení střevlíkovitých .....	40
Graf 2 – Zastoupení drabčíkovitých .....	41
Graf 3 - Zastoupení dravých brouků.....	42
Graf 4 - Zastoupení plachetnatek .....	43
Graf 5 - Zastoupení běžníků .....	44
Graf 6 - Zastoupení pokoutníků.....	45
Graf 7 - Zastoupení vzokanovitých .....	46
Graf 8 - Celkové zastoupení pavouků.....	47
Graf 9 - Zastoupení vrubounovitých.....	48
Graf 10 - zastoupení páteříčků.....	49
Graf 11 - zastoupení mravenců .....	50
Graf 12 - zastoupení stinek .....	51
Graf 13 - zastoupení plochulí.....	52
Graf 14 - zastoupení slunéček.....	53
Graf 15 - Simpsonův index .....	54
Graf 16 - Diverzita .....	55