

# Česká zemědělská univerzita v Praze



Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství

## **Žížaly (Oligochaeta: Lumbricidae) půd zatížených lidskou činností**

Bakalářská práce

Autor práce: Irena Absolonová

Vedoucí práce: prof. Ing. Iva Langrová CSc.

2012

### **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Žížaly (Oligochaeta: Lumbricidae) půd zatížených lidskou činností vypracovala samostatně a použila jen pramenů, které cituji a uvádím v příložené bibliografii.

V Praze dne: .....

Podpis:

## **Poděkování**

Především bych ráda poděkovala prof. Ing. Ivaně Langrové CSc. za poskytnutí možnosti psát bakalářskou práci pod jejím vedením. Dále bych ráda poděkovala Ing. J. Hlavovi za odborné vedení, rady, poskytování informací a vstřícný přístup při zpracování mé bakalářské práce.

Poděkování patří rovněž mé rodině a přátelům za trpělivost, kterou se mnou při psaní práce měli.

## **Souhrn**

Tato bakalářská práce na téma Žížaly (Oligochaeta: Lumbricidae) půd zatížených lidskou činností, má za cíl hodnocení společenstev žížal antropogenně zatížených půd. Práce je rozdělena na část teoretickou a praktickou.

V teoretické části byly zpracovány informace o morfologii a anatomii žížal, jejich vlivu na půdu a růst rostlin. Dále pak byly v práci popsány metody sběru, konzervace, určování žížal a indexy diverzity. Jelikož se jedná o práci týkající se půd zatížených lidskou činností, bylo do teoretické části zahrnuto studium antropozemí, antropogenních substrátů, výsypek, rekultivací a znečištění půd.

Praktická část zahrnovala terénní výzkum, který byl proveden v okolí ocelárny Poldi Kladno a výsypky Kopistská. Vzorky žížal byly odebrány kombinací standardně používaných metod. Získané žížaly byly zakonzervovány a následně určeny pomocí standardních určovacích klíčů. Získaná data byla následně vyhodnocena pomocí indexů biodiverzity.

Na lokalitě Poldi v Kladně bylo celkově získáno 87 jedinců, kteří náleží do 10 druhů. Nejhojnějším druhem byl druh *Octolasion lacteum*. Největší počet jedinců (40) byl nalezen přímo v areálu ocelárny Poldi. Na lokalitě Kopistská výsypka bylo nalezeno celkem 57 zástupců žížal patřících do 6 druhů v celkové biomase 7,6 g. Na výsypce se nejhojněji vyskytoval druh *Aporrectodea caliginosa* (25 jedinců).

Po porovnání získaných výsledků lze říci, že druhové a početní složení žížal je závislé na prostředí, kde se vyskytují.

### **Klíčová slova:**

Půdní fauna, žížaly, antropozemě, znečištění, rekultivace

## Summary

This bachelor thesis is focused on issues of „Earthworms (Oligochaeta: Lumbricidae) of soil affected by human activities“ aims to assess the associations of earthworms of antropogenic soils. The thesis is dividend in theoretical and practical part.

The theoretical part contains the information about morphology and anatomy of earthworms, their influence on soil and plant vegetations. Then there are described methods of collecting, preservation and determination of earthworms and diversity indexes are also mentioned. As this work concerns the land environmentally burdened with human industry, the theoretical part also deals with study of antropogenic substrates, slag heaps, reclaimed lands and land pollution.

The practical part consists of a fieldwork realized in environment of steel factory Poldi Kladno and Kopistská dumpsite. The samples of earthworms were collected by combination of standardly used methods. The collected earthworms were preserved and identified by standard specific keys. The obtained data were evaluated by use of the biodiversity indexes.

A total of 87 specimens belonging to 10 species were obtained on the location of Poldi Kladno. *Octolasion lacteum* was the most abundant species. The largest number of specimen (40) was found directly in steel factory Poldi Kladno. A total of 57 specimens of earthworms belonging to 6 species in total biomass of 7,6 g were obtained on the location Kopistská dumpsite. *Aporrectodea caliginosa* was the most abundant species on dumpsite (25 specimens).

In comparison, the obtained results that generic as well as numerous constitution of earthworm communities is dependent on the environment on their occurrence.

## Keywords:

Soil fauna, earthworms, antropogenic soil, contamination, reclamation

## Obsah

1. Úvod .....	8
2. Cíl práce.....	9
3. Literární rešerše .....	10
3.1. Morfologie žížal .....	12
3.2. Anatomie .....	16
3.3. Biologie a ekologie .....	18
3.3.1. Životní cyklus .....	18
3.3.2. Požadavky na prostředí .....	19
3.3.3. Populace a společenstva.....	20
3.3.4. Vliv na půdu a její úrodnost.....	21
3.3.5. Vliv na růst rostlin .....	22
3.3.6. Vliv na fyzikální vlastnosti půdy .....	22
3.3.7. Vliv na živiny a mikroflóru v půdě.....	23
3.4. Metody sběru.....	23
3.4.1. Mechanické metody .....	24
3.4.2. Etologické metody .....	24
3.4.3. Nepřímé metody .....	25
3.5. Hodnocení pomocí indexů .....	25
3.6. Kontaminace půd .....	27
3.7. Antropozem.....	29
3.7.1. Antropogenní substráty - kategorizace .....	29
3.7.2. Antropogenní substráty – pedologická charakteristika.....	30
3.8. Výsypky .....	31
3.9. Rekultivace.....	33
3.9.1. Technické rekultivace výsypek.....	33
3.9.2. Biologická rekultivace výsypek .....	35
4. Metodika.....	37
4.1. Popis lokality.....	37
4.2. Sběr .....	38
4.3. Konzervace.....	39
4.4. Určování žížal .....	39

5. Výsledky.....	40
6. Diskuze.....	42
7. Závěr.....	44
8. Seznam literatury.....	45

## 1. Úvod

Žížaly hrají významnou roli v životech lidí a ne nadarmo jsou označovány jako „ekologičtí inženýři“ (Double and Brown, 1998). Žížaly vytvářejí chodby, díky nimž dochází k provzdušňování půdy, a tím ke zlepšení půdních vlastností. Vznik makropórů o velikosti 1 – 10 mm zlepšuje infiltraci vody. Svoji aktivitou žížaly zabraňují vzniku krusty na povrchu půdy, čímž usnadňují klíčení a růst nových rostlin. Chodbičky jsou také vyhledávanými místy pro růst kořenů rostlin. Významnou roli hraje i zatahování potravy z povrchu do chodeb, kde se potrava rozkládá a obohacuje tak půdu o organickou hmotu, a to i ve větších hloubkách.

Znečištění půd je v současné době jeden z nejzávažnějších problémů z hlediska ochrany půd. Za nejvýraznější hrozbu jsou považovány staré zátěže, ale ani aktuální znečišťování nelze brát na lehkou váhu. Kontaminace půd je úzce spjata s ochranou vody i ovzduší, ale její hodnocení je oproti hodnocení ovzduší a vody zpožděné. Stanovení kritických hodnot kontaminace půd je o to důležitější, že se prostřednictvím půdy řeší i ochrana dalších sfér Země, a to především biosféry, hydrosféry a z části i atmosféry. Problémy se týkají potravního řetězce, bezprostřední ochrany zdraví člověka a zvířat, kvality vod a biologické činnosti půd.

Jedním z několika kritérií hodnocení půd je i rozmanitost živočichů, kteří se na daném (hodnoceném) místě nacházejí. Získávání dat o abundanci a počtu druhů nám pomáhá v nepřímém odhadu vitality půdy. Znalosti o chování a ekologických nárocích jednotlivých skupin živočichů jsou využívány při stanovování hodnoty pH, obsahu živin apod.



## **2. Cíl práce**

Hlavním cílem práce bylo prozkoumání společenstva žížal antropogenně zatížených půd v okolí ocelárny Poldi Kladno a vybrané rekultivované plochy výsypky Kopistská v severovýchodních Čechách. Celkově byly vybrány čtyři lokality, kde byl sběr proveden. Získaná data byla následně vyhodnocena pomocí indexů biodiverzity. Výzkum je doplněn rešerší z dostupné literatury.

### 3. Literární řešerše

#### Základní charakteristika

Taxonomické zařazení:

Říše: živočichové (Animalia)

Kmen: kroužkovci (Annelida)

Třída: máloštětinatci (Oligochaeta)

Řády: žížaly (Opisthopora)

Čeleď: žížalovití (Lumbricidae)

Rod: žížala (*Lumbricus*) ([www.biolib.cz](http://www.biolib.cz))

Pojem žížala označuje v současnosti více než 2500 známých druhů (Pižl, 2000) a odhaduje se, že minimálně 2000 je doposud nepopsáno. Žížaly patří mezi bezobratlé živočichy. Převážná většina z nich jsou suchozemští máloštětinatí kroužkovci. Většinu života tráví pod zemí, ultrafialové paprsky by pro ně totiž mohly být i smrtelné. Rozšířeny jsou na všech kontinentech, ale většina čeledí se vyskytuje v tropických či subtropických oblastech, popřípadě v mírných pásech mimoevropských kontinentů. Ve střední Evropě lze nalézt pouze zástupce čeledi žížalovitých (Lumbricidae), jedinou výjimku tvoří vodní druh *Criodrilus lacuum*, který se ve střední Evropě také vyskytuje (Pižl, 2002; Kula a Švarc, 2011).

Žížaly lze podle toho, v jaké části půdního profilu žijí a čím se živí, rozdělit do tří základních skupin:

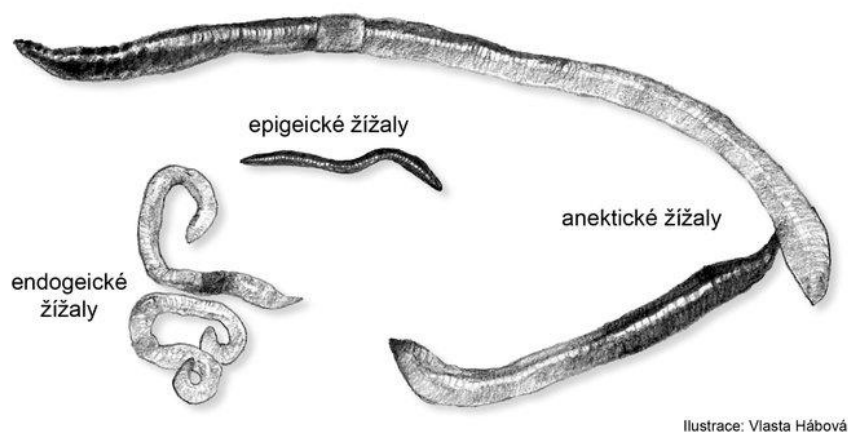
- epigeické (povrchové) žížaly,
- endogeické (podpovrchové) žížaly,
- anektické (hlubinné) žížaly.

Epigeické druhy jsou ze všech druhů nejmenší. Netvoří chodby, žijí v malé hloubce poblíž povrchu půdy a často vylézají i na povrch. Jejich tmavě růžové zbarvení je alespoň částečně chrání před ultrafialovými paprsky, které pro ně mohou být smrtelné, i přesto přežijí na světle maximálně 15 minut. Mají krátký životní cyklus, žijí 1 – 3 roky. Díky svým

rozměrům a místu, kde přežívají, jsou vystaveny silnému predáčnickému tlaku. Aktivně vyhledávají rozkládající se organický materiál. Období sucha přežívají ve stadiu kokonu (Römbke et al., 2005; Pižl, 2002; Pommeresche et al., 2007).

Druhy endogeické obývají hluboké půdy, přesněji horní část jejich minerálních vrstev v profilu 10 – 15 cm. Tvoří krátké vertikální chodby. Jejich těla mají bělavou barvu a téměř průsvitnou pokožku. Ultrafialové světlo je zabije během několika málo minut. Pohybují se pomalu. Mají středně dlouhou délku života i životního cyklu. Predační tlak u nich není tak silný jako u druhů epigeických. Jejich potravu tvoří organické zbytky nacházející se pod zemí. Na povrch vylézají jen v době páření, popřípadě jsou-li vyplaveny deštěm. V období sucha upadají do diapauzy (Römbke et al., 2005; Pižl, 2002; Pommeresche et al., 2007).

Anektické druhy budují téměř vertikální systémy chodeb, které jsou až 3 metry dlouhé, do hloubky klesající a na povrchu otevřené. Těla těchto žížal jsou dlouhá, tmavě zbarvená na předním konci těla na části hřbetu, zbytek těla je světle růžový. Tmavou část těla žížaly vysouvají na povrch půdy a pátrají po potravě, kterou posléze vtahují do chodeb. Právě vtahování organických zbytků do půdy obohacuje půdu o humus. Mají relativně dlouhou délku života i životní cyklus. V období sucha upadají do klidového stadia (kviescence) (Römbke et al., 2005; Pižl, 2002; Pommeresche et al., 2007).



Obr. 1: Žížaly epigeické, anektické a endogeické (Zdroj: [www.facebook.com/note.php?note\\_id=173212632743571](http://www.facebook.com/note.php?note_id=173212632743571), použito se souhlasem autorky Ing. Vlasty Hábové)

### 3.1. Morfologie žížal

Těla žížal mají válcovitý tvar, zadní část těla může být hranatá (čtvercová či oktagonální na průřezu) či dorzoventrálně zploštělá (zejména u velkých druhů, které vytvářejí hluboké chodby). Velikost žížal je široce proměnlivá. Nejmenší žížaly dosahují délky 1 - 2 cm a šířky 1 – 1,5 mm, největší mají délku přes 1 metr a šířku 2 – 4 cm. Dobře známé jsou australské obří žížaly *Megascolides australis*, které dosahují délky 1,5 m, šířky 2 – 3 cm a váhy až 450 gramů, a brazilský druh *Glossoscolex giganteus*, který při šířce přes 3 cm měří 1,2 m a váží 500 – 600 gramů. Mezi největší evropské druhy patří *Scherotheca occidentalis*, známá z jižní Francie, a dosahující délky přes 1 metr. Naši nejdelší žížalou je až 50 cm dlouhá *Allolobophora hrabei*, obývající sprašové půdy jižní Moravy (Pižl, 2002).

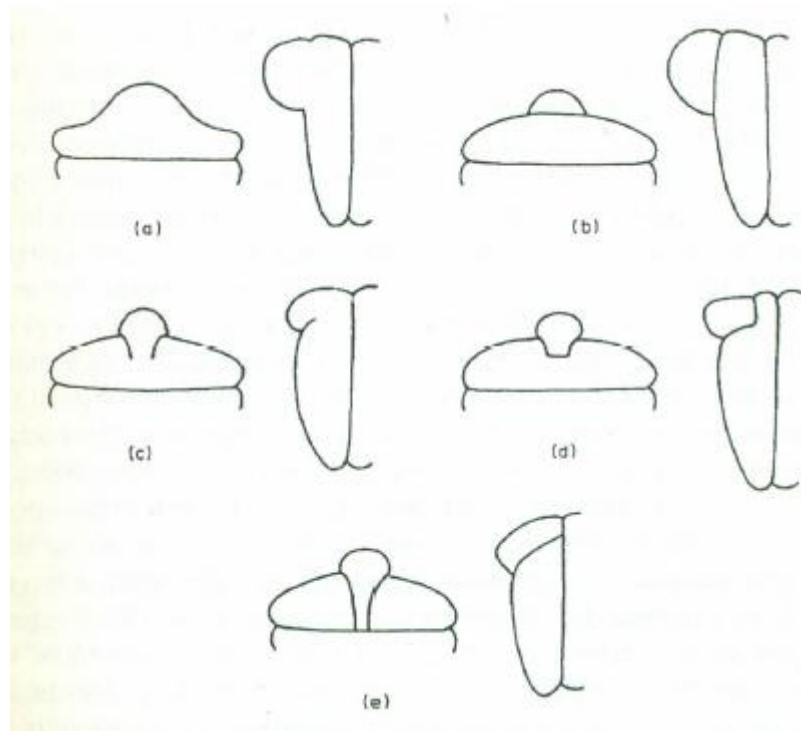
Zbarvení žížal je velmi různorodé. Barva žížal závisí především na přítomnosti nebo nepřítomnosti pigmentu, který je buď ve formě granulí nebo v pigmentových buňkách v subkutikulární svalové vrstvě. Přítomnost hemoglobinu v krvi má za následek základní „masové“ zbarvení mnoha druhů. Jiná zbarvení jsou způsobena přítomností pigmentů ve svalovině tělní stěny. Červené až purpurové zbarvení způsobují porfyriny, které mohou společně s optickými efekty ve svrchní vrstvě tělní stěny vyvolávat dojem opaleskujícího fialového až tmavomodrého zbarvení. Zlatavě hnědé až zelené odstíny těla jsou způsobeny přítomností hnědočerného pigmentu, melaninu. Pokud jsou pigmenty soustředěny pouze do středu jednotlivých článků, pak mají žížaly „zebrovité“ zbarvení (Pižl, 2002; Edwards and Bohlen, 1996).

Voda tvoří až 75 – 90 % těla žížal, a proto jsou velmi citlivé na sucho. Půdní vlhkost a prevence proti vyschnutí patří mezi další limitující faktory jejich přežití. Snášenlivost ke ztrátě vody je značná. Žížaly snesou až 60 % pokles vody v těle (Losos et al., 1984). Naopak fyziologické faktory, které regulují ztrátu vody, jsou relativně málo výkonné. Mezi tyto mechanismy patří kutikula s obsahem lipidů, uzavíratelné dorsální póry, regulace výdeje moči, produkce moči do střeva a následná resorpce vody (Pižl, 2002; Edwards and Bohlen, 1996).

Tělo žížal je členěno na články – segmenty (metamerity či somity). Tyto segmenty jsou na povrchu odděleny mezičlánkovými (intersegmentálními) rýhami, které jsou shodné s přepážkami uvnitř těla. Zevně mohou být segmenty navíc rozděleny 1 – 2 vnitřními rýhami na 2 – 3 prstence (zejména v přední části těla žížal), tyto rýhy však nemají žádné odpovídající přepážky uvnitř těla (Pižl, 2002; Edwards and Bohlen, 1996).

Ústní otvor obklopuje první tělní segment (peristomium). Na svrchní straně prvního tělního segmentu se nachází čelní lalok (prostomium), který je umístěn ve středu prstencovitého metastomia. Pižl (2002) rozlišuje několik typů prostomia, podle stupně jeho oddělení od metastomia:

- zyglobické, jež je neodděleným protažením prvního článku
- prolobické, oddělené jednoduchou rýhou
- epilobické, s posteriorně orientovaným jazýčkovitým protažením
- tanylobické, kdy zadní protažení sahá až k 1. intersegmentální rýze a kompletně rozděluje dorzální část peria stomia.



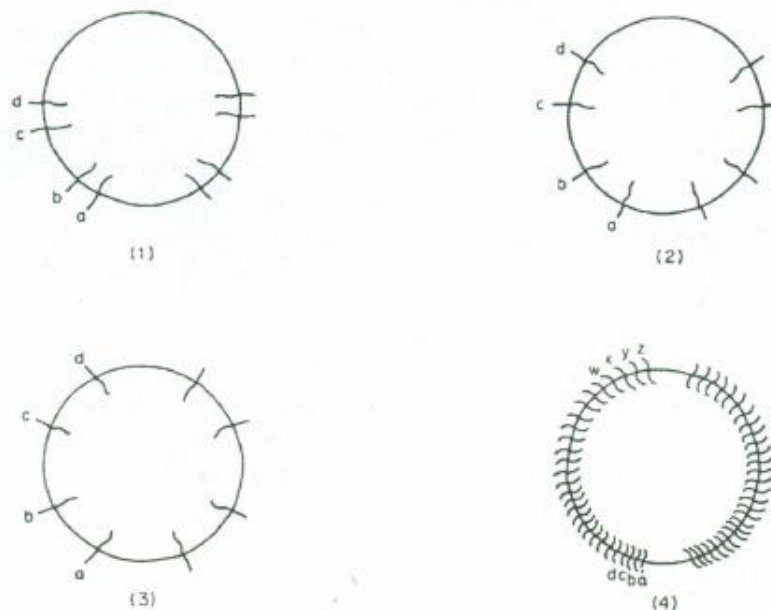
Obr. 2: Různé typy prostomia. (a) zyglobické; (b) prologické; (c, d) epilobické; (e) tanylobické. (Zdroj: Edwards and Bohlen, 1996).

Mezi prvním segmentem a análním segmentem se nachází řada stejně utvářených (homogenních) článků. Počet článků je druhově specifický. Konečný počet segmentů je dán již při vylíhnutí žížaly z kokonu. Jakékoliv následné zvýšení počtu článků je způsobeno regenerací poškozené nebo ztracené ocasní části (Pižl, 2002).

Zatažitelné (rektraktilní) štětiny (sety) se nacházejí na každém tělním článku, s výjimkou peristomia a periproktu. Pro většinu žížal (pro všechny naše žížaly čeledi Lumbricidae) je typických 8 (4 páry) štětín, které se nacházejí na každém článku s orientací ventrální nebo lateroventrální. Vzájemná poloha štětín na obvodu článku je druhově specifická.

Podle vzdálenosti mezi jednotlivými štětínami se rozlišují:

- štětiny sblížené
- silně sblížené, které vytvářejí zřetelné páry
- oddálené čili oddělené
- perichaetinní.



Obr. 3: Různé rozložení štětín. 1 – silně sblížené, 2 – slabě sblížené, 3 – oddálené (oddělené), 4 – perichaetinní. (Zdroj: Pižl, 2002).

Perichaetinní štětiny jsou typické pro některé tropické druhy, kdy se na jednom tělním článku nachází 40 – 200 štětín, které obklopují celý obvod článku v příčné řadě. Štětiny jsou esovitě prohnuté a ztloustlé ve střední části, kde je místo svalových úponů. Mezi druhy i jedinci stejného druhu je velká variabilita velikosti štětín, stejně tak je velikost štětín velmi variabilní i podél těla každého jedince (větší štětiny se nacházejí na přídí a zádi těla –

v souvislosti s jejich funkcí při pohybu žížal). Některé ventrální páry se mohou přeměnit v tzv. genitální štětiny ležící na žláznatých genitálních políčkách. Tyto štětiny mají háčkovité zakončení a podélnou rýhu. Slouží pravděpodobně k dráždění a přidržování partnerského jedince během kopulace (Pižl, 2002).

Dorsální póry spojující povrch těla a tělní dutinu (coelom) se nacházejí na svrchní části těla u většiny žížal. Jejich vlastní svalovina napomáhá při přepravě coelomové tekutiny na povrch těla, kde má funkci zvlhčovací a ochrannou (Pižl, 2002).

Žížaly jsou hermafroditi, tj. každý jedinec má samičí i samčí rozmnožovací soustavu. Obě tyto soustavy vyúsťují na povrchu těla. Vyústění samčích pohlavních otvorů se nachází na nebo za 13. článkem, v případě čeledi Lumbricidae většinou na 15. článku (výjimkou jsou u našich žížal zástupci rodů *Eiseniella* a *Fitzingeria*). Kolem samčím pórů se u některých druhů nachází dvorce či žláznaté papily, které mohou zasahovat i na sousední články. Samičí póry jsou malých rozměrů a leží v postranní oblasti 14. článku. Chámové schránky (tzv. spermatékální póry) vyúsťují v přední části těla. Spermatékální póry jsou u našich druhů párové a většinou leží v intersegmentálních rýhách mezi 9., 10. a 11. článkem (Pižl, 2002; Pommeresche et al., 2007).

Ztluštění několika sousedních článků v přední části těla, tzv. opasek (clitellum, někdy též cingulum) lze pozorovat u dospělých jedinců (Pommeresche et al., 2007). V této oblasti je pokožka (epidermis) modifikována přítomností husté sítě velkých žláznatých buněk, které produkují slizovité (mukoidní) sekrety. Tyto sekrety slouží k produkci kokonů (vaječných kapsulí zajišťujících ochranu a výživu vyvíjejících se embryí). Počet a poloha článků, které tvoří opasek, je relativně neměnná pro každý druh (Pižl, 2002).

U zástupců čeledi Lumbricidae má opasek nejčastěji tvar sedlovitý, s přerušením na spodní straně těla. Válcovitý či prstencovitý tvar opasku se vyskytuje u žížal méně často. Při okraji sedlovitého opasku se nacházejí pubertální valy – žláznaté útvary, které mohou být více či méně zřetelné. Mají tvar proužků a mohou se rozprostírat na několika opaskových segmentech, celém opasku nebo mohou zasahovat i na články za opaskem. Poloha a tvar pubertálních valů jsou pro každý druh specifické. Pubertální valy mohou chybět u druhů, které se rozmnožují partenogeneticky. Nastane-li situace, kdy se pubertální valy vyvinou již u nedospělých jedinců, u kterých není opasek vytvořen, znamená to, že jsou tyto nedospělé jedinci schopni kopulace a výměny sperma s jedinci dospělými, přestože nemohou produkovat kokony (Pižl, 2002; Pommeresche et al., 2007).

## 3.2. Anatomie

Těla žížal tvoří dvě soustředné trubice. Tělní dutina, coelom, je vyplněna tekutinou. Příčné přepážky rozdělují tělní dutinu na řadu komůrek. Tělní stěnu žížal tvoří vnější kutikula, žláznatá pokožka (epidermis), dvě vrstvy svaloviny a peritoneální výstelky polomové dutiny. Kutikula je nebuněčná a je tvořena několika vrstvami kolagenních vláken. Je velice pevná, ačkoliv je slabá a průhledná (transparentní). Je jí pokryt celý povrch těla, s výjimkou míst, kde je proděravěna štětinami, žláznovými či jinými póry. Epidermis (s výjimkou opasku) tvoří jedna vrstva válcovitých podpěrných buněk. Řada z těchto buněk je přeměněna v jednobuněčné žlázy či senzorycké orgány. Pod epidermis leží dvě vrstvy svaloviny, které jsou od epidermis odděleny vrstvou pojivových tkání (Pižl, 2002).

Tyto dvě vrstvy nejsou stejné. Vnitřní vrstva podélné svaloviny je mohutná a vnější vrstva okružní svaloviny je naopak slabá. Díky tomu, že obě vrstvy pracují antagonisticky a vytvářejí tlak na coelomovou tekutinu, umožňují natažení a stažení článků těla, a tím i pohyb žížal. Podle rozložení vláken se rozlišuje podélná svalovina keříčkovitého, svazečkovitého a přechodného typu (Pižl, 2002; Edwards and Bohlen, 1996).

Přepážky (septa) oddělující jednotlivé tělní segmenty jsou tvořeny dvěma vrstvami peritoneálních buněk. Mezi oběma vrstvami je uzavřena vrstva, která obsahuje svalová vlákna, pojivá pletiva a krevní cévy. Komunikaci coelomové tekutiny mezi jednotlivými články umožňují malé póry, které se v přepážkách nacházejí. Přepážky jsou někdy vybaveny mohutnou svalovinou, ale spíše je tomu naopak, a přepážky jsou tenké. Mohutnou svalovinu mají v přední části těla hlavně druhy, které tvoří chodby v půdě (Pižl, 2002).

Žížaly nemají plíce, dýchají celým povrchem těla. Sliz na povrchu těla také napomáhá výměně plynů. Dusík je exkretován v amonné formě a ve formě močoviny. Za den je vyprodukováno množství moči, které odpovídá až 60 % jejich váhy (Pižl, 2002; Edwards and Bohlen, 1996).

Trávicí soustava žížal je nejnápadnější strukturou v tělní dutině žížal. Trávicí soustavu tvoří rovná trubice, která spojuje ústní a řitní otvor. Svalnatý hltan (pahrynx) se nachází v prvních čtyřech člancích této trubice. Na něj navazuje jícen rozkládající se v dalších 9 až 13 člancích. Na jícen mohou být napojeny tzv. Morrenovy žlázy, které zaujímají významnou roli při regulaci osmotických poměrů a pH v tekutinách těla, při neutralizaci pozřené potravy, vylučování cizorodých látek a usměrňování obsahu vody v těle žížal. U řady žížal se



vyskytují oesophageální žaludky. Naše druhy je nemají a nahrazuje je modifikovaná přední část střeva – vole. Vole je též označováno jako žláznatý žaludek. Za voletem následuje svalnatý žaludek (Pižl, 2002).

Vnitřní stěna předního střeva není hladká, ale je často podélně vychlípána a zvlněna a tvoří tzv. typhlosolis. Takto zvlněný povrch střeva zvětšuje specifický povrch, který slouží k asimilaci živin obsažených v potravě. U žížal, které se živí rozloženými organickými složkami půdy, je typhlosolis rozvinut nejvíce (Pižl, 2002; Papáček et al., 2000).

Zadní část střevní trubice pokrývají chloragogenní buňky, které mají do jisté míry stejnou funkci jako játra u vyšších živočichů. Jejich hlavní funkce spočívá v syntéze a uchování energeticky bohatých látek a v akumulaci látek cizorodých a odpadních. Cizorodé látky, které jsou střevem vstřebané, jsou dále imobilizovány v tzv. chloragosomatech, které ve formě žlutých nebo hnědých zrněk tvoří většinu obsahu chloragogenních buněk (Pižl, 2002).

Cévní soustavu mají žížaly uzavřenou. Tvoří ji tři hlavní cévy: dorzální céva, která je umístěna podélně po svrchní stěně trávicí trubice a uvádí do pohybu směrem dozadu červeně zbarvenou krev, a dvě ventrálně položené cévy – céva ventrální ležící pod střevem a postoesophageální céva, která se nachází mezi nervovou páskou a parietální stěnou. V místech, kde se nachází jícn je několik párů (2-5) laterálně položených circumoesophageálních cév, které spojují dorzální a ventrální cévu. Tyto cévy jsou někdy označovány jako podpurná či laterální srdce a jsou vybaveny svalovinou. V tělní stěně se nachází hustá síť somatických cév (Pižl, 2002; Zicháček, 1995).

Z nervové soustavy je výrazný hlavový ganglion, podjícnový ganglion a břišní nervová páska. Hlavový ganglion leží na svrchní straně hltanu na 3. tělním článku, podjícnový ve 4. tělním článku a břišní nervová páska, která je uprostřed každého článku zesílená, probíhá pod trávicí trubicí (Pižl, 2002).

Vylučovací soustava žížal je tvořena páry nefridií, které se nacházejí v každém tělním článku kromě prvních tří a periproktu. Velké nefridie jsou označovány jako meganefridie nebo holonefridie. Každá nefridie je tvořena nálevkou, která je otevřena do článku předcházejícího, a vede do úzkého nefridiálního kanálu. Před vyústěním z těla se nefridiální kanál rozšiřuje a tvoří tzv. nefridiální měchýřek. Pro rodové a někdy i druhové zařazení slouží jako rozlišovací znaky tvar a orientace měchýřků vzhledem k osám těla (Pižl, 2002).

Samčí pohlavní orgány našich žížal jsou tvořeny dvěma páry varlat v 10. a 11. tělním článku. Varlata jsou připojena v blízkosti nervové pásky k přední intersegmentální přepážce.

Všechny žížaly mají velké chámové vaky vzniklé vydutím sept, které slouží k uchování spermatu. Chámové vaky jsou párové a jejich počet se pohybuje mezi 2 až 4 páry, které jsou uloženy po jednom v 9. – 12. článku. Chámovody jsou taktéž párové a začínají nálevkami, které sbírají sperma z testikulárních segmentů, a dále procházejí všemi dalšími segmenty těla (Pižl, 2002; Pommeresche et al., 2007).

Samičí pohlavní orgány jsou tvořeny párem vaječnicků, které jsou uloženy u zadní části disepimentu 13. tělního článku, v blízkosti ventrální nervové pásky. Vaječnický mají na úrovni čeledí různý tvar. Naše žížaly mají vaječnický diskovitý tvar. Z vaječnicků se vajíčka dostávají do coelomové tekutiny, kde jsou obrvenými nálevkami zachycovány a odváděny do krátkých párových vejcovodů. Na následujícím tělním článku vyústí vejcovody do samičích pohlavních pórů (Pižl, 2002).

V postranních částech otevřené tělní dutiny se nacházejí chámové schránky (prohlubně tělní dutiny), které slouží ke schraňování spermatu získaného při kopulaci. Chámové schránky vyústí v blízkosti středové linie dorzální strany těla. Mají podobu malých váčků kulovitý tvaru s krátkými vývody. Mohou mít i ledvinovitý tvar (Pižl, 2002).

### **3.3. Biologie a ekologie**

Žížaly tvoří nejvýznamnější skupinu půdní makrofauny (tj. půdních bezobratlých živočichů větších než 10mm) (Pižl, 2002), některé druhy obývají i sladkovodní ekosystémy (součást bentosu), či nadzemní části terestrických ekosystémů (žijí např. na kmenech a v paždí větví stromů, pod epifyty, apod.).

#### **3.3.1. Životní cyklus**

Rozmnožování a produkce vajíček probíhá u žížal po většinu roku a po většinu jejich dospělého života. Žížaly jsou hermafroditi s oddělenými varlaty a vaječnický, které fungují simultánně. Při kopulaci obou jedinců dochází k výměně spermatu. Sperma získané při kopulaci se uchovává v chámových schránkách. Po dozrání vajíček je sperma využito

k samotnému oplodnění. Frekvence kladení kokonů je ovlivněna ekologickou strategií druhu i faktory prostředí. Kokon obsahuje 1 – 20 vajíček, přičemž se vyvinou jen některá, ostatní jsou využita jako potrava pro vyvíjející se embrya. Nejmenší produkce kokonů je v zimě, naopak nejvíce kokonů je produkováno na jaře a v časném létě. Teplota značně ovlivňuje produkci kokonů. Při teplotách nižších než 3°C žížala kokony neprodukuje (Pižl, 2002; Pommeresche et al., 2007).

Kokony mají různý tvar i zbarvení, jejich velikost je dána velikostí rodičovských jedinců (nejen různých druhů, ale i uvnitř populace každého druhu). Doba od vykladení kokonu do vylíhnutí mladých žížal kolísá v širokém rozpětí (od několika dnů po mnoho měsíců) a je ovlivňována teplotou a vlhkostí. Ideální podmínky pro co nejrychlejší líhnutí jsou vlhká půda a teplota kolem 15°C. Velikost vylíhlých žížal závisí na velikosti kokonu, počtu mládřat a pořadí vylíhnutí (Pižl, 2002; Pommeresche et al., 2007).

Délka života žížal je také různorodá. Jsou známy druhy, které se dožívají pouhých několika měsíců, i druhy, které jsou schopny žít i několik let. V přírodě jsou žížaly vystaveny mnoha rizikům (predačnímu tlaku, parazitům, nepříznivým podmínkám prostředí, atd.), a proto se nedožívají zpravidla více než dvou let (Pižl, 2002; Edwards and Bohlen, 1996).

### **3.3.2. Požadavky na prostředí**

Dostatek a kvalita potravních zdrojů, vhodná vlhkost, teplota, půdní reakce a půdní textura patří k nejdůležitějším požadavkům žížal na prostředí.

Žížaly se živí hlavně odumřelou organickou hmotou rostlinného či živočišného původu a půdními mikroorganismy. Drobní živočichové spadají do méně významné složky potravy.

Žížaly jsou z důvodu malé pohyblivosti nuceny žít v těsné blízkosti potravních zdrojů. Rozlišují se dvě skupiny žížal – detritofágní a geofágní. Pro druhy detritofágní jsou hlavní složkou potravy rostlinné zbytky, případně exkrementy savců. Potravu vyhledávají na půdním povrchu a v nejsvrchnějších horizontech půdy. Geofágní druhy pronikají do spodních půdních horizontů, přijímají velké množství půdy a tráví organické zbytky a mikroflóru, které jsou v ní obsažené. Geofágové se vyskytují v místech, kde je vyšší obsah organické hmoty (např. rhizosféra) (Pižl, 2002).

Tolerance žížal k vyschnutí je druhově variabilní a liší se v různých geologických oblastech. Optimální vlhkost je 40 – 60 % maximální vodní kapacity půdy. Ve chvíli, kdy dojde k poklesu vlhkosti, začínají se projevovat různé ekologické adaptace, např.: modifikace životního cyklu (kokonizace), přechod k neaktivním stádiím (diapauza) a migrace na vlhčí místa. Tolerance žížal k vysoké vlhkosti je poměrně velká. Teplota, obsah kyslíku a UV záření jsou faktory ovlivňující přežívání žížal v zaplavených půdách či kalužích (Pižl, 2002; Pommeresche et al., 2007).

Půdní teploty v rozmezí 10 – 15°C jsou vyhovující pro většinu druhů. Ve vlhkém prostředí, kde není nebezpečí vyschnutí, jsou žížaly schopny ochlazovat se evaporací vody z tělního povrchu. Spodní teplotní hranice se u většiny žížal pohybuje okolo bodu mrazu (Pižl, 2002; Pommeresche et al., 2007).

Pro většinu žížal je nejvhodnější neutrální pH (optimum představuje pH 6-7). Podle míry tolerance vůči nízkým hodnotám pH se žížaly dělí na druhy acidotolerantní, které obývají půdy s pH 3,7 – 4,7, ubikvisty tolerující pH 4,7 – 7, a druhy acidointolerantní, které půdy s nízkým pH neobývají. Půdní pH může ovlivnit i počet jedinců, u kterých nastává diapauza, tj. klidové stádium. (Pižl, 2002; Pommeresche et al., 2007; Edwards and Bohlen, 1996).

Dalšími faktory, které ovlivňují žížaly, jsou typ a textura půd. Pro většinu druhů jsou nejvhodnější půdy lehčí hlinité až hlinitopísčité. Ve štěrkových a rozvolněných písčitých půdách se žížaly moc nevyskytují z důvodu rizika abraze a následného vyschnutí. Po deštích a záplavách se v silně jílovitých půdách vytvoří anaerobní podmínky, a proto se ani v těchto půdách žížaly nevyskytují (Pižl, 2002).

Mezi méně významné faktory prostředí, které mají vliv na výskyt žížal, jsou světelné (především UV) záření, obsah O<sub>2</sub> a CO<sub>2</sub>, redox-potenciál půdy, koncentrace solí, utužení půdy, poměr C:N. Tyto faktory mohou být za určitých podmínek pro život žížal limitující (Pižl, 2002).

### **3.3.3. Populace a společenstva**

Hodnota abundance a biomasy žížalovitých je v ekosystémech severního mírného pásma (přírodních i uměle vytvořených člověkem) 30 – 400 jedinců/m<sup>2</sup> a 2 – 50 g/m<sup>2</sup>.

Na pastvinách, výsevných loukách a sadech jižní polokoule, kam byly evropské druhy žížalovitých introdukovány, mohou hodnoty abundance dosahovat hodnot až 2000 jedinců/m<sup>2</sup> a biomasy až 350g/m<sup>2</sup> (Pižl, 2002).

Druh nebo druhové složení, typ ekosystému i podmínky prostředí ovlivňují věkovou strukturu populace či společenstev žížal. Všeobecně platí, že žížaly produkují množství kokonů, které je mnohokrát vyšší, než jsou požadavky pro udržení populace. U nejmladších juvenilních stádií je úmrtnost velmi vysoká. Počet druhů každého společenstva je závislý na geografické poloze, typu a zachovalosti ekosystému (Pižl, 2002).

Počet druhů ve společenstvu žížalovitých je ovlivněn geografickou polohou, typem a zachovalostí ekosystému. Čtvrtohorní zalednění výrazně ovlivnilo celkovou diverzitu a bohatost společenstev ve střední Evropě. Všeobecně ve střední Evropě platí, že diverzita výrazně stoupá od severu na jih a od západu na východ. Počty druhů v Evropě se pohybují mezi 2 až 16. Bohatá společenstva nalezneme na zchovalých loukách, lužních lesích nebo na eutrofních prameništích. Naopak chudá společenstva obývají orné půdy, rašeliniště a jehličnaté lesy (Pižl, 2002).

#### **3.3.4. Vliv na půdu a její úrodnost**

Pro svou schopnost přebudování prostředí, ve kterém žijí, jsou žížaly často označovány jako „ekosystémoví inženýři“ (Double and Brown, 1998). Ovlivňují pedogenezi, půdní strukturu, koloběh živin a dekompozici organické hmoty. Jako tzv. driosféra je označována ta část půdy, která je pod přímým vlivem žížal. Je jednou ze sedmi základních funkčních složek půdy. Driosférou jsou významně ovlivněny i další vrstvy v půdním profilu (rhizosféra, agregátosféra, porosféra, detritosféra). Aktivita žížal zabraňuje vzniku krusty na povrchu půdy, a tím napomáhá klíčením a růstu nových rostlin (Pižl, 2002; Kladivko et al., 1986).

Trávicím traktem žížal může za rok projít až 250 tun půdy z plochy jednoho hektaru. Z tohoto množství žížala potravně využívá jen malou část a zbytek vylučuje v podobě výkalů, čímž ovlivňuje půdní prostředí (Pommeresche et al., 2007). Exkrementy obsahují minerální částice, které jsou promíchány s rozložitelnými organickými zbytky a mikroflórou. Významný vliv má i tvorba chodbiček, které jsou pak dále využity jako místa pro růst kořenů (Pižl, 2002).

Pro význam exkrementů je důležité množství, ve kterém jsou produkovány. V našich podmínkách je každoročně ukládáno na půdní povrch 40–50 tun/ha. Toto množství představuje vrstvu 4-5mm. V oblastech s příznivějšími klimatickými podmínkami může být množství ukládaných exkrementů daleko vyšší. Podle některých odhadů může během roku projít zaživacím traktem žížal i více než ¼ horního půdního horizontu. Průměrné hodnoty různých ekosystémů a typů půd jsou 50 – 200 chodeb/m<sup>2</sup> (Pižl, 2002).

### **3.3.5. Vliv na růst rostlin**

Exkrementy žížal mají proti půdě vyšší obsah auxinových látek, giberelinů, cytokininů a volných aminokyselin, Tyto látky stimulují růst rostlin a zvyšují dostupnost prostorů pro příjem živin rostlinami. Zejména v těžkých půdách je přítomnost chodeb žížal zásadním faktorem pro tvorbu kořenového systému. Kořeny rostlin v těžkých půdách vyplňují 40 – 60 % chodeb (Kula a Švarc, 2011). V půdách, kde se vyskytuje velký počet populací žížal, vytvářejí rostliny bohatší kořenový systém. Bohatší kořenový systém je předpokladem pro dostatečné zásobení rostlin vodou a živinami. Tyto rostliny pak lépe snášejí stresové situace a jsou odolnější proti škůdcům. Aktivita žížal také zabraňuje vzniku krusty na půdním povrchu, a tím napomáhá vzcházení a rozvoji mladých rostlin. Vysoká aktivita žížal má dále za následek zřetelnou redukci počtů fytoparazitických háďátek, přezimujících housenek a zimních forem fytopatogenních mikromycetů (Pižl, 2002).

### **3.3.6. Vliv na fyzikální vlastnosti půdy**

Chodby, které žížaly vytvářejí, ovlivňují hlavně půdní pórovitost a vodní a plynný režim půdy. Hlavní efekt není ani tak výrazné zvětšení pórovitosti, jako spíše ovlivnění velikostní struktury pórů. Žížaly vytvářením chodeb zvyšují celkový podíl makropórů vyskytujících se v půdě. Chodby tvoří přibližně 5 % objemu půdy. Díky svým rozměrům patří chodby žížal k větším půdním pórům. Pro půdy, které jsou bohaté na žížaly, obecně platí, že mají lepší jímavost půdní vláhy než půdy bez žížal. Chodby probíhající vertikálně většinou přečkají záplavy, a tím významně zvyšují rychlost infiltrace vody do půdy. Vliv žížal na infiltraci a odtok je významný hlavně v polních kulturách při používání bezorebných agrotechnik. Půda se stává méně náchylnou k podmáčení během zimních a jarních měsíců.

Zároveň je přiváděno i větší množství srážkové vody přímo ke kořenům rostlin. Zvyšuje se i půdní odolnost vůči vodní a nepřímo i větrné erozi (Pižl, 2002).

Exkrementy žížal obsahují větší podíl jílovitých a naplaveninových složek než okolní půda. Naopak množství písku je menší. Výkaly jsou většinou stabilnější než ostatní půdní agregáty, což je způsobeno procesy, které probíhají ve střevním traktu žížal, a vysokou aktivitou mikroorganismů v exkrementech (Pižl, 2002).

### **3.3.7. Vliv na živiny a mikroflóru v půdě**

Žížaly se aktivně podílejí na včlenění částečně rozložitelné organické hmoty z povrchu do hlubších vrstev půdy, její maceraci a promíchávání s anorganickými složkami. Počty a složení mikroorganismů a následné dekompoziční procesy v exkrementech ovlivňuje průchod střevním traktem žížal.

Na stěnách chodbiček žížal jsou koncentrovány dusíkaté metabolity a mukózní sekrety, které dekompoziční procesy ovlivňují. Je zde i zvýšená dostupnost kyslíku (Pižl, 2002).

## **3.4. Metody sběru**

Pro sběr a studium žížal existuje celá řada metod, zvolená metoda závisí na účelu prováděného výzkumu. Pro získání kvalitativních údajů o fauně žížal vyskytující se na určitém území, případně pro získání zástupců různých druhů pro laboratorní experimenty, je nejlepší tzv. individuální sběr. Žížaly jsou vyhledávány na daném stanovišti v co nejvíce různých mikroprostředích (půda, opadanka, pod kameny a padlými kmeny či větvemi stromů, pod kůrou dřevin, pod mechovými nárosty, v bahně na dně tekoucích i stojatých vod apod.) (Pižl, 2002).

K získávání dat o velikosti a struktuře populací či společenstev jsou používány metody kvantitativní. Ke kvantitativnímu stanovení žížal v půdě neexistuje žádná vhodná metoda pro všechny druhy a všechna stanoviště. Různé metody jsou běžně kombinovány (Dykyjová et al., 1989).

Pižl (2002) rozděluje kvantitativní metody do tří základních skupin:

- 1) metody mechanické,
- 2) metody etologické,
- 3) metody nepřímé.

#### **3.4.1. Mechanické metody**

Mezi metody mechanické se řadí především ruční rozbor půdy či jiného materiálu, kdy jsou žížaly vybírány z odebraných vzorku v laboratoři. Největší výhodou této metody je možnost získat i kokony a neaktivní stadia žížal. Tato metoda je velmi pracná, časově náročná a pravděpodobnost, že juvenilní stadia menší než 2 cm budou přehlédnuta, je vysoká. Další používanou metodou je prosívání za mokra, kdy se vzorky promývají sítí o stále menších rozměrech ok. Metoda je také pracná a časově náročná, navíc může dojít k poškození žížal. Metoda je vhodná pro získávání kokonů, klidových stádií a juvenilních jedinců (Pižl, 2002).

#### **3.4.2. Etologické metody**

Nejčastěji používanou etologickou metodou je metoda formalinové extrakce. Při této metodě se aplikuje na vybranou oblast slabý roztok (0,2 – 0,5%) formaldehydu. Jedná se metodu méně pracnou, ale je náročná z hlediska transportu velkých objemů extrakčních roztoků. Množství používaného roztoku závisí na typu, textuře, teplotě a textuře půdy, ale většinou je k extrakci žížal z plochy 1 m<sup>2</sup> potřeba 5 až 20 litrů roztoku. Při postupné aplikaci nižších dávek se zvyšuje účinnost metody. Výsledky této metody jsou závislé na druhu a věkovém stádiu žížal a na klimatických a půdních podmínkách. Extrahují se pouze aktivní žížaly (Pižl, 2002).

Další metodou je extrakce elektrickým proudem. Tato metoda je používána zejména v místech, kde je vyloučeno jakékoliv rozsáhlejší narušení půdy. Vyvinuta byla tzv. oktanová metody, kdy se po obvodu kruhové plochy zapraví do půdy osm elektrod. Dochází k malému narušení prostředí, metoda není časově náročná ani pracná. I tato metoda má své nevýhody, a to zejména finanční náročnost, dále to, že efektivita je závislá na druhu a věkovém stádiu žížal a na klimatických a půdních podmínkách. Metoda je účinná pouze na aktivní jedince, kokony a klidová stadia se s ní získat nedají (Pižl, 2002).



Tepelná metoda sběru žížal je další z etologických metod. Je poměrně málo náročná. Její uplatnění je hlavně při získávání půdní mezofauny (bezobratlí živočichové o rozměrech 0,2 – 2 mm) a roupic. Jejím principem je postupné zvyšování teploty pomocí soustavy žárovek nebo topných tělísek (Dykyjová et al., 1989) a vysychání půdního vzorku, který je umístěn na sítu v uzavřeném prostoru speciálního přístroje. V nádobě pod sítí jsou živočichové zachycováni. Nádoba je naplněna vodou nebo fixačním roztokem. Touto metodou lze získat i malá juvenilní stadia. Mezi nevýhody patří finanční náročnost při sestavování extrakčních zařízení, narušení stanoviště při odebrání půdního vzorku. Touto metodou se extrahují pouze aktivní jedinci žijící ve svrchních vrstvách půdy (Pižl, 2002).

Mezi etologické metody patří také extrakce saponáty, roztokem hořčice či manganistanu draselného. Metodu vibrační lze použít při získávání exotických žížal (Pižl, 2002). Taktéž lze na sledování aktivity žížal na povrchu půdy využít formalinové zemní pasti, které slouží pro odchyt epigeického hmyzu a dalších členovců. Při této metodě je instalována jedna linie pěti pastí, mezi kterými jsou rozestupy 20 m. Při instalaci pasti je třeba dbát na to, aby okolí pasti zůstalo pokud možno v původním stavu (Absolon et al., 1994).

### **3.4.3. Nepřímé metody**

Metody nepřímé slouží k odhadu velikosti populací žížal, ke sledování žížalami vytvořených struktur apod. Hlavní nepřímou metodou je metoda „mark and recapture“, kdy se označení jedinci vypustí zpět do půdy a následně se provede odchyt všech žížal. Jedinci jsou označeni potravinovým barvivem či radioaktivními izotopy. (Pižl, 2002).

## **3.5. Hodnocení pomocí indexů**

Indexy druhové pestrosti jsou používány k posouzení druhové pestrosti a rozmanitosti na stanovišti nebo nejlépe na jednotce plochy. Menhinickův index druhové pestrosti a Margalefův index druhové pestrosti jsou jednoduché indexy, které jsou založeny na celkovém počtu druhů a celkovém počtu jedinců ve vzorku či na stanovišti (Spellerberg, 1995).

Menhinickův index

$$D = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

Margalefův index

$$D = \frac{S-1}{\log N}$$

kde D je index, S je počet druhů a N vyjadřuje celkový počet jedinců (Spellerberg, 1995).

Simpsonův index diverzity

Větší důraz je kladen na hojně druhy, účinek velikosti vzorku je nízký (Spellerberg, 1995).

$$D = \sum_{i=1}^S P_i^2$$

kde  $P_i = N_i/N$

$P_i$  – relativní početnost druhů, N – počet druhů odchycených na lokalitě,  $N_i$  – počet druhů  $i$ -tého druhů odchyceného na lokalitě.

Shannon – Wienerův index

Vychází z pravděpodobnosti, s jakou bude další ulovený jedinec patřit k předpokládanému druhu (Spellerberg, 1995).

$$D = - \sum_{i=1}^S P_i (\log_e P_i)$$

kde D je index diverzity a  $P_i$  vyjadřuje relativní početnost  $i$ -tého druhu ve vzorku.

### 3.6. Kontaminace půd

Kontaminace půd je řazena mezi procesy, které mají negativní vliv na produkční a ekologické funkce půdy. Další faktory, které nepříznivě ovlivňují půdy, jsou vodní a větrná eroze, acidifikace a degradace půd způsobená úbytkem organické hmoty a narušením vodního režimu. Zdroje kontaminace mohou být přírodního původu, kdy se do půdy dostávají organické i anorganické látky vznikající při přirozených procesech, tak i antropogenní aktivita. Potencionální nebezpečnost látek v půdě lze posuzovat ze tří hledisek:

- z hlediska ekotoxikologického, kdy je sledováno působení na ostatní složky ekosystému,
- z hlediska humanotoxikologického, kdy se hodnotí působení na organismus člověka,
- z hlediska ekonomického, kdy je sledováno snížení výnosnosti rostlinné produkce ([www.mzp.cz](http://www.mzp.cz)).

#### Lokální kontaminace

Lokální kontaminace je způsobována především průmyslovými aktivitami, jako je těžba a zpracování nerostů, ukládání odpadů, havárie s úniky toxických látek, lokální kontaminace při aplikaci hnojiv a kalů z čističek odpadních vod ([www.mzp.cz](http://www.mzp.cz)).

#### Difúzní kontaminace

Difúzní kontaminace je způsobována hlavně atmosférickou depozicí látek, které vznikají při průmyslu a dopravě, dále také plošnými zemědělskými a průmyslovými praktikami (aplikace odpadních kalů, hnojiv a pesticidů). Do půdy se dostávají především rizikové prvky a persistentní organické pesticidy ([www.mzp.cz](http://www.mzp.cz)).

Rizikové prvky: As, Be, Cd, Co, Cr, Cu, F, Hg, Mo, Ni, Pb, V, Zn ([www.mzp.cz](http://www.mzp.cz)).

Rizikové látky:

- polycyklické aromatické uhlovodíky – stanoveno jako součet 16 individuálních uhlovodíků (naftalen, pyren atd),

- chlorované uhlovodíky,
- polychlorované bifenyly (PCB),
- extrahovatelný organicky vázaný chlor (EOCl),
- adsorbovatelný organicky vázaný chlór (AOCl),
- persistentní organochlorové pesticidy,
- polychlorované dibenzodioxiny (PCDD) a dibenzofurany (PCDF) ([www.mzp.cz](http://www.mzp.cz)).

#### Zdroje znečištění půd:

- imise oxidů S a N a perzistentní kontaminanty, které se do půd dostávají v důsledku nekontrolovaných emisí, a to při spalování organických látek,
- imise oxidů z průmyslu a dopravy
- aplikace čistírenských kalů a jiných odpadních látek,
- závlahy znečištěnou říční vodou, a to především v písčitéch půdách vysokých říčních teras,
- aplikace pesticidů s perzistentními parametry,
- hnojení půdy minerálními průmyslovými hnojivy, komposty s příměsí kontaminantů,
- převrstvení půd stavebními odpady,
- haldy odpadů bez provedení náležitých rekultivací (včetně zabránění emise CH<sub>4</sub>),
- havárie,
- přírodní jevy (vulkanická činnost, sesuvy půd aj.) (Němeček et al., 2010).

#### Projevy kontaminace půd:

- snížení hodnoty pH (okyselení),
- zvýšení obsahu škodlivých nebo toxických sloučenin (těžké kovy, různé soli, organické látky) nebo nepříznivé změny poměru chemických látek v půdě,
- zvýšený výskyt nebo násobný účinek patogenních mikroorganismů (bakterií, hub) (Kolář, 1999).

### **3.7. Antropozem**

Antropozem je půda, která je vytvářena či vytvořena z nakupených substrátů získaných při těžební a stavební činnosti člověka. Na charakter půd mají vliv vlastnosti půdního materiálu, antropogenní vrstvení a mísení materiálu, dále pak usměrňování procesu pedogeneze po rekultivacích, sledující úpravy půdních vlastností pro lesnické, zemědělské a rekreační využití. Substráty antropické (výsypky, haldy, deponie) se vytvoří při pouhém navrstvení materiálů (Čermák a Ondráček, 2006).

Pedologické vlastnosti vytvářeného půdního profilu jsou považovány za jeden z nejvýznamnějších činitelů ovlivňující prováděné biologické rekultivace v podmínkách vytvářených nových půd. Půdní profil je významně ovlivňován již v průběhu technické rekultivace, která je prováděna terénními a retenčními úpravami za účelem omezení erozních a sesuvných procesů, a vytvoření půdního prostředí s příznivými chemickými i ostatními půdními vlastnostmi pro následný vývoj vegetace (Čermák a Ondráček, 2006).

S různou intenzitou, která je ovlivněna především dostupností a ekonomickými hledisky, jsou při úpravě půdních vlastností vytvářených antropozemí využitelné skrývky humusových horizontů (ornice), sprašové hlíny, slínovce, bentonity, různé odpady organického původu (průmyslové komposty), včetně elektrářensky upravených popelovin, pocházející ze spalování uhlí (Čermák a Ondráček, 2006).

#### **3.7.1. Antropogenní substráty - kategorizace**

Antropogenní půdní substráty jsou definované jako geneticky nevyvinuté půdy s určitou půdní chemií, půdní fyzikou, hydropedologií a genetickou nevyhraněností (Dimitrovský, 1999). Podle všech těchto specifických vlastností, ale i podle technologie zrodu recentních útvarů, lze antropogenní substráty kategorizovat. Geomorfologické tvary výsypek a kvalitativní stránka povrchové vrstvy (cca 0 až 100 cm) jsou zásadní faktory, podle kterých se volí způsob rekultivace (zemědělská, lesnická, ovocnářská). Pro oblast Severočeského hnědouhelného revíru jsou typické šedé a žluté terciární miocenní jíly, v oblasti Sokolovského revíru jsou hlavními půdotvornými substráty terciární miocenní jíly cyprisové série (cyprisový jíl) a terciární miocenní jíly vulkanodetritické série (Dimitrovský, 2000).

Mineralogické složení jílu, tj. obsah kaolinitu, montmorillonitu a illitu, je hlavní aspekt při kvalitativních hodnoceních pro rekultivační činnost (Jonáš, 1972). Se zvyšujícím se obsahem montmorillonitu a illitu stoupá lesnický rekultivační význam popisovaných jílu, a to přímo úměrně. Přítomnost kaolinitu má destruktivní půdotvorný význam. Jíly, které obsahují vysoký podíl kaolinitu, jsou lehce peptizované, což má za následek ne příliš dobré fyzikální vlastnosti a vodní režim. Samostatnou kategorií nezpevněných jílu s vysokým obsahem jílové frakce (nad 85 %) jsou jíly miocénní žlutě a žlutohnědě zbarvené. Nemají téměř žádné makropóry, a proto je jejich infiltrační schopnost nižší. Zalesnění těchto půd je nesnadné a je potřeba volit dřeviny s vysokým melioračním účinkem (olše šedá, lepkavá, kultivary topolů). Půdní profily přechodového typu se na výsypkách vyskytují nejvíce. Je pro ně typická značná profilová nesourodost a jsou tvořeny různými formami nezpevněných jílu (Dimitrovský, 2000).

### **3.7.2. Antropogenní substráty – pedologická charakteristika**

Veškeré půdní substráty, které vznikly přemístěním nadloží a u nichž jsou různé změněny chemické, fyzikální, mikrobiální nebo hydropedologické vlastnosti, jsou řazeny do kategorie antropogenních substrátů. Jelikož se jedná pouze o nadložní horizontové materiály, tvoří tyto substráty specifickou skupinu antropogenních půd. Hodnocení zájmových antropogenních substrátů na výsypkách bylo prováděno pomocí pedologických a hydropedologických metod, výsledky byly často nepřesné. Z tohoto důvodu byly u nás i v zahraničí (Německo) použity pro hodnocení antropogenních substrátů kvartérního nebo terciárního původu různé analýzy s rozdílnými výsledky (Dimitrovský, 2000). Později se prováděla zpřesnění a objevily se i nové a zcela jiné pohledy na danou problematiku. Kvartérní a terciární zeminy mají rozdílnou pedologickou i hydropedologickou charakteristiku, a proto se na výsypkách s těmito zeminami používají rozdílné způsoby zakládání lesních porostů, odlišný je i výběr dřevin (Dimitrovský, 2000).

Půdy kvartérního stáří obsahují minimální množství organických látek, naopak je tomu u půd terciárního stáří, u kterých se vyskytují autochtonní a alochtonní organické látky v dosti velkém množství. Půdy kvartérního stáří vykazují lepší fyzikální a hydropedologické vlastnosti než půdy terciárního miocénního stáří. Právě lepší fyzikální vlastnosti kvartérních zemin umožňují pěstování mnohem širšího sortimentu dřevin, než je tomu u půdních substrátů složených pouze ze zemin původu terciárního. Rozdílné jsou i následky zvětrávání.

U půd kvartérních půdních substrátů se při zvětrávání chemické a hydropedologické vlastnosti zlepšují, u půdních substrátů z terciálních zemin naopak dochází ke zhoršení fyzikálních a hydropedologických vlastností. Samotné zvětrávání je ovlivňováno jak biotickými a abiotickými činiteli, tak i mineralogickým složením a obsahem fosilních látek. Intenzita zvětrávání se zmenšuje se zvyšujícím se obsahem fosilních látek. Časté hydrotermické změny (střídání hydratace a dehydratace) zvyšují zvětrávání podpovrchových vrstev profilů. Makropóry ve všech vrstvách půdních profilů ovlivňují množství půdního vzduchu, jehož obsah v půdě je velmi proměnlivý. Makropóry lze rozdělit na tabulární, planární a mezerovité, přičemž na výsypkách se v největší míře vyskytují makropóry planárního a mezerovitého typu (Dimitrovský, 2000).

### 3.8. Výsypky

Výsypka je recentní útvar, který vznikl ukládáním nadložních zemin při povrchové těžbě hnědého uhlí. Pro povrch výsypek je typická neuspořádaná směs zemin, která má různý limnický původ, stáří, strukturu, složení, a tím i rekultivační význam (Dimitrovský, 2000).

Podle původu lze na recentních útvarech nalézt (podle Dimitrovského, 2000):

- vyvřelé čili erupтивní nebo magmatické horniny (vyvřeliny, eruptiva)
- usazené čili sedimentární horniny (sedimenty)
- proměněné (metamorfované) horniny.

Rozdělení výsypek podle (Dimitrovský a Vesecký, 1989):

- místa vzniku:
  - vnější, které vznikají mimo těžební prostor
  - vnitřní vznikající v těžebním areálu
  
- geomorfologického tvaru:
  - podúrovňové
  - úrovňové
  - převýšené

- způsobu přepravy a stavby:
  - sypané
  - splavené
  
- použité ruční techniky:
  - ruční
  - pluhové
  - rypadlové
  - zakladačkové

Nerostné součástky hornin vzniklé současně s horninou se označují jako primární, naopak součástky hornin, které vznikly později dlouhodobými proměnami nebo zvětráváním součástí primárních, jsou označovány jako druhotné. Textura hornin (způsob uspořádání nerostných součástí v prostoru) a jejich struktura jsou významné morfologické znaky při rekultivacích. Odlučnost hornin, která je podmíněna puklinami a trhlinami a vede k přirozenému zvětrávání a rozpadu, je další z rekultivačně významných faktorů. Při vytvoření systému navzájem rovnoběžných puklin může vzniknout odlučnost lavicovitá, deskovitá, břidlicovitá a lupenitá (Dimitrovský, 2000).

Obsah čtyř hlavních živin – Ca, K, P a Mg – předurčuje tzv. minerální sílu živin a má mimořádný význam při nově se vytvářejícím vztahu mezi recentním útvarem a půdami, které se na něj dosypávají. Na území České republiky jsou plošně nejvíce zastoupeny výsypky složené převážně z hornin jílovitých. Na obou našich hlavních hnědouhelných pánvích jsou jíly nejširší složkou nezpevněných hornin. Více než 50 % tvoří tzv. splavitelné částice (zrna pod 0,01 mm). Poměr jílnatých částic (0,01 až 0,001 mm) a fyzikálního jílu (zrna pod 0,001 mm) má vliv na jejich fyzikální vlastnosti. Zbarvení jílovitých částí je různé, objevují se bílé i černé jíly, i jíly s různými barevnými odstíny. Dle mechanického složení Dimitrovský (2000) rozděluje jíly na:

- jíly písčité,
- prehličnaté, které snadno rozbředávají díky velkému podílu práškovitého písku,
- hlinité obsahující 15 až 20 % prachových částic,
- mastné obsahující více jak 40 % fyzikálního jílu.



Povaha převažujících křemičitých jíílů je rozhodující při dělení jíílů na kaolinitické, montmorillonitické (bentonity), nontronické, allitické a alofanitické. Dále se jíily dělí podle obsahu  $\text{CaCO}_3$  na nevápenité, kdy je obsah  $\text{CaCO}_3$  do 2 %, a na slabě vápenité obsahující 2 až 5 %  $\text{CaCO}_3$  (Dimitrovský, 2000).

### **3.9.Rekultivace**

Rekultivace je soustava technických a biologických zásahů, které vedou k zúrodnění deficitních půd a k zaházení nežádoucích antropogenních zásahů do krajiny. Samotnou rekultivaci lze rozdělit na rekultivaci technickou a biologickou. Všechna technická opatření jsou nutná pro následnou rekultivaci biologickou (Dimitrovský, 2000; Jonáš, 1986).

Cílem rekultivace je urychlení a zkvalitnění přeměny postižených plocha tak, aby mohly být dále využity zemědělsky, lesnicky, vodohospodářsky, rekreačně či ekologicky. Nelze opomenout ani snahu o začlenění zrekultivované plochy do krajiny (Dimitrovský a Vesecký, 1989).

Do přímé rekultivace se řadí zemědělská rekultivace bez překryvu ornici a zakládání lesních porostů, kdy se používají tradiční způsoby zalesňování. Tento způsob se využívá na výsypkových stanovištích jen v omezené míře a předpokládá se, že se zde budou nacházet půdní materiály s vysokou produkční schopností (Dimitrovský, 2000; Dimitrovský a Vesecký, 1989).

Nepřímá rekultivace zahrnuje zemědělskou rekultivaci s převrstvením ornice a biologickou přípravu výsypkových zemin, následně se zakládají lesní porosty s vyváženou druhovou skladbou. Optimální mocnost orničního překryvu je 0,5m (Dimitrovský, 2000; Dimitrovský a Vesecký, 1989).

#### **3.9.1. Technické rekultivace výsypek**

Technické úpravy výsypek jsou nutná pro následující realizaci rekultivace biologické. Na většině výsypek je technická rekultivace prováděla následujícím způsobem: Po sesednutí výsypkového materiálu, průměrně po osmi letech, následuje úprava povrchu výsypky pomocí těžké mechanizace, kdy je povrch zarovnan do povlovných tvarů. Odvodnění zvodněných

sníženin je většinou prováděno pomocí betonové drenáže. Dalším krokem je navezení organického materiálu, drcené kůry, štěpky nebo orníčních horizontů na zarovnaný povrch (Řehounek et al., 2010). Konečný tvar terénu a pedologická skladba napadaných zemin jsou zásadní pro následné stanovení charakteru prováděných rekultivačních prací. Terénní úpravy slouží především k vytvoření vhodných podmínek pro realizaci protierozních opatření, úpravy vodního režimu a dopravního zpřístupnění (Dimitrovský, 2000). Po těchto úpravách přichází na řadu rekultivace biologická zahrnující rekultivaci zemědělskou, lesnickou a ovocnářskou (Jonáš, 1986).

## **Meliorace**

Meliorací jsou označována různá opatření vedoucí ke zlepšení vlastností půd. Tyto půdy jsou málo úrodné nebo na nich byly prováděny zásahy, které vedly ke snížení jejich produkční schopnosti. Mezi vlastnosti výsypkových zemin, které negativně ovlivňují použitelnost půd pro rekultivaci, se řadí primární zrnitostní složení. Vysoký obsah jílu nepříznivě působí na vlastnosti zemin. Jílové minerály (montmorillonit, illit, karonit) ovlivňují kvalitu půdotvorných procesů. Zeminy písčité mají nevhodné nejen fyzikální (nízký obsah jílnatých částic, nízká vododržnost, snadná erodovatelnost, velké teplotní výkyvy), ale i chemické vlastnosti (nízký obsah živin, nízká sorpční schopnost) (Dimitrovský, 2000).

Mezi technologické postupy vedoucí ke zlepšení vlastností půd jsou řazeny:

- převrstvení výsypkových zemin zeminami úrodnějšími (homogenizace),
- promísení výsypkových zemin se zúrodnitelnými zeminami,
- zapravení organických hmot do výsypkové zeminy,
- pěstování rostlin na zelené hnojení.

Při mísení výsypkových zemin se zeminami úrodnějšími jsou používány především sprašové hlíny, bentonitické zeminy a slínité horniny. Toto meliorační opatření je používáno hlavně při rekultivacích půdního profilu, který je dále využíván k lesnickým účelům. Pomocí tohoto opatření jsou upravovány chemické, fyzikální i protierozní vlastnosti půdy. Jedná se o opatření elektivní (Dimitrovský, 2000).

Při zapravování organických hmot do výsypkových zemin se za vyhovující dávku organických hmot považuje cca 400 t/ha. Dávka závisí na pedologických vlastnostech zemin určených k rekultivaci a na kvalitě používaných hmot. Důležitá je i hloubka zapravení. Mělký zapracování se používá u materiálů určených k úpravě protierozních půdních vlastností, naopak hlouběji se zapravují hmoty k úpravě chemických půdních vlastností (Dimitrovský, 2000).

### **Protierozní úprava výsypek**

Při sypání substrátu na těleso výsypky se vytváří nestabilizovaný a rekultivačně neupravený povrch, který je okamžitě ovlivňován vodní erozí, a to i při velmi malé intenzitě srážek. Intenzita erozních procesů může dosáhnout až rýhové nebo stržové formy. Rozhodující fáze při vytváření antropogenních půd je navrhování vhodných délek svahů, přičemž musí být zohledněny hydrofyzikální vlastnosti zemin, které jsou k rekultivačním účelům používány, sklonitostní poměry, meliorační technologie a způsob vegetační úpravy. Způsob biologické rekultivace a charakter území, které se nachází v okolí tělesa výsypky, jsou základní faktory, podle kterých se volí protierozní zabezpečení svahů výsypek (Dimitrovský, 2000).

#### **3.9.2. Biologická rekultivace výsypek**

Soubor opatření biologického charakteru vedoucí k vytvoření nové půdy na výsypkách (Jonáš, 1986). Mezi hlavní cíle biologických rekultivací jistě patří vytvoření takových podmínek, aby se zrekultivované půdy co nejvíce podobaly půdám běžně se vyskytujících na dané lokalitě.

### **Zemědělská rekultivace**

Jedná se o složitou a náročnou záležitost, jak po stránce technické přípravy výsypek, tak i po stránce finanční. Technologie postupu při zemědělské rekultivaci je ovlivňována především požadovaným výsledkem. Finálním výsledkem může být orná půda, louka, pastvina a jiné (Dimitrovský, 2000).

Zemědělská rekultivace přímo navazuje na rekultivaci technickou, která vytvořila vhodné podmínky pro vývoj zemědělské půdy. Základem zemědělské rekultivace je realizace melioračních osevních postupů, které mají za cíl oživit půdotvorný substrát a mají položit základy pro tvorbu půdy (Jonáš, 1986). Na připravený povrch je obvykle naseta komerční travní směs, obvykle s vysokým podílem dusík fixujících rostlin (Řehounek et al., 2010).

Pro zemědělskou rekultivaci je vhodný sklon svahů 3 – 8%, za nejvhodnější je považována minimální výměra pozemku 5 ha (Dimitrovský, 2000).

### **Lesnická rekultivace**

Po technických úpravách povrchu rekultivované plochy následuje vysázení dřevin. Používány jsou jak dřeviny, které jsou pro dané místo typické, tak i dřeviny invazní. V následujících letech je na osázené ploše prováděno žihání, a to proto, aby byla potlačena konkurence bylinného patra, které na navezené organicky bohaté půdě hojně roste (Řehounek, 2010).

U rekultivace lesnické je vyhovující sklon svahů do 25 % (Dimitrovský, 2000).

## **4. Metodika**

### **4.1. Popis lokality**

#### **Ocelárna Poldi**

Ocelárna Poldi nacházející se na území Kladna vznikla před více jak 120 lety. Před druhou světovou válkou bylo z ocelárny Poldi Kladno zásobováno téměř 40 zemí světa. Od roku 1945 byla Poldi součástí národního podniku Spojené ocelárny a byla jedním z nejvýznamnějších průmyslových gigantů v Československu. Po privatizaci v roce 1993 začala Poldina chátrat a z velkého komplexu se zachovalo jen několik částí. V současné době se území ocelárny nachází několik desítek průmyslových firem, přesto je převážná část areálu bez využití. Většina výrobních budov je zchátralých a okolí je plné černých skládek (Francová, [www.lidovky.cz](http://www.lidovky.cz), 2011).

Město Kladno chystá sanaci, a to především kvůli znečištění ropnými látkami a rizikovými prvky. Plánování sanace je komplikované a zdlouhavé především kvůli nepřehledným majetkovým vztahům, které vznikly po nepodařené privatizaci, kdy byl areál rozdělen na mnoho menších částí. Celkově má areál přibližně tři stovky majitelů (Francová, [www.lidovky.cz](http://www.lidovky.cz), 2011).

#### **Kopistská výsypka**

Kopistská výsypka se rozkládá mezi městem Most, podnikem Chemopetrol v Záluží a elektrárnou Komořany. Tato výsypka je řazena mezi výsypky relativně starší, její rekultivace se datuje již od 60. let 20. století. V současnosti tvoří největší souvislou lesní plochu v Mostecké pánvi (Lipský). Kopistská výsypka má rozlohu 328 ha. Vegetaci tvoří především listnaté stromy (převážně topoly, olše, osiky a jiné meliorační stromy), dále pak rákosy a bezlesné plochy jsou pokryty travami ([www.nature.cz](http://www.nature.cz)).

#### Lokalita č. 1

Prvním místem odběru byl zvolen přímo areál ocelárny Poldi Kladno, GPS zaměření (WGS84) 50°8'43.791"N, 14°6'51.420"E. Areál ocelárny není udržován, a proto je silně

zarostlý různými travami, dále zde rostou břízy a různé keře. V půdě byly nalezeny kameny a zbytky cihel. V blízkosti byl proveden další sběr, a to v lese těsně sousedícím s komunikací, což vysvětluje velké množství odpadků.

#### Lokalita č. 2

Druhý sběr byl proveden v lese, kde rostlou převážně buky. GPS zaměření (WGS84) 50°9'28.670"N, 14°8'28.742"E. Půda je pokryta mechem a opadaným listím. Na této lokalitě byly nalezeny i žížaly v klidovém stadiu.

#### Lokalita č. 3

Třetí lokalitou byla spontánně zarostlá část bývalé hlady, kam se ukládala struska z oceláren. GPS zaměření (WGS84) 50°9'9.792"N, 14°6'24.156"E. Vyskytovaly se zde především trsnaté trávy a pár solitérních stromů. V půdě byly nalezeny kameny a zbytky cihel.

#### Lokalita č. 4

Čtvrtý sběr proběhl na území Kopistské výsypky. Rostou zde především listnaté stromy (topoly, olše, osiky aj.), u mělkých vodních nádrží roste rákos a nezalesněné plochy jsou pokryty travami.

## **4.2.Sběr**

Sběr byl proveden na začátku října 2011. Při sběru byla použita kombinace metod přímých a behaviorálních. Samotný sběr žížal probíhal ve třech fázích. Na vymezeném území (čtverec o rozměrech 0,72 x 0,72 m) bylo nejprve nutné ručně probrat opadanku, zda se v ní nevyskytují žížaly epigeické žijící právě na povrchu půdy. Nalezené žížaly byly umístěny do plastových a řádně popsaných kelímků s víčky. Následovaly čtyři aplikace hořčičného roztoku, který je pálivý a žížaly dráždí. Žížaly, které opustily své chodbičky, byly sebrány do nádobky s fixační tekutinou. První dvě aplikace byly provedeny s dávkou 60 g hořčice na 20

litrů vody, druhé dvě s koncentrací dvojnásobnou, tj. 120 g hořčice na 20 litrů vody. Při každé aplikaci bylo použito 10 litrů daného roztoku. Na závěr byl vykopán menší čtverec (31,7 x 31,7 cm), který se ručně probíral *in situ*. Získaní jedinci byli sbíráni do označených kelímků a tříděni dle použité metody sběru.

### **4.3.Konzervace**

Získaný vzorek žížal byl usmrcen v 70% roztoku etanolu a následně byl do 24 hodin převeden do formalínu, který alespoň částečně zachová barvy a způsobí ztvrdnutí (Pižl, 2000). Po dalších 14 dnech byly vzorky opět převedeny do roztoku etanolu, a to hlavně proto, aby se minimalizoval kontakt s formalínem, u kterého je podezření na karcinogenní účinky.

### **4.4.Určování žížal**

Žížaly byly určovány pomocí klíče (Sims and Gerard, 1999). Určovány byly podle vnějších znaků, a to především podle umístění opasku (na kterém tělním článku začíná a kde končí), tvaru prostomia (zygolibické, prologické, epilogické, tanylobické) a rozložení štětín (silně sblížené, slabě sblížené, oddálené, perichaetinní). Dalším krokem bylo zvážení se střevním obsahem, které slouží ke stanovení čerstvé biomasy. Na závěr bylo provedeno hodnocení pomocí vybraných indexů biodiverzity.

## 5. Výsledky

Na lokalitě Kopistská výsypka bylo celkem nalezeno 57 zástupců žížal patřících do 6 druhů v celkové biomase 7,6 g. Nejvíce zastoupenými druhy byly endogeická *Aporrectodea caliginosa* a *Lumbricus terrestris*, která je řazena do skupiny anektických druhů (tab. č. 1).

Tabulka č. 1: Počet a biomasa nalezených druhů na lokalitě Kopistská výsypka.

<b>Druh</b>	<b>Počet</b>	<b>Váha (g)</b>	<b>Biomasa g.m-2</b>
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	25	2,881	28,810
<i>Aporrectodea chlorotica</i>	4	0,813	8,130
<i>Aporrectodea longa</i>	1	0,438	4,380
<i>Aporrectodea rosea</i>	1	0,281	2,810
<i>Aporrectodea spec.</i>	2	0,121	1,210
<i>Dendrobaena octaedra</i>	7	0,562	3,492
<i>Lumbricus terrestris</i>	15	2,442	16,244
<i>Dendrobaena spec.</i>	2	0,082	0,820
<b>celkem druhů -6</b>	<b>57</b>	<b>7,620</b>	<b>65,896</b>

Na lokalitě Poldi v Kladně bylo celkově získáno 87 jedinců, kteří náleží do 10 druhů.

Počet jedinců a biomasu získaných žížal zobrazuje tabulka č. 2.

Tabulka č. 2: Počet a biomasa získaných žížal na třech lokalitách v okolí ocelárny Poldi.

<b>Druh</b>	<b>Poldi</b>	<b>Les</b>	<b>Halda</b>
<i>Aporrectodea caliginosa</i>	1		7
<i>Aporrectodea longa</i>	6		1
<i>Aporrectodea rosea</i>			1
<i>Allolobophora chlorotica</i>	3		



<i>Dendrobaena octaedra</i>	4	1	
<i>Dendrodrilus rubidus</i>			2
<i>Lumbricus castaneus</i>	3		4
<i>Lumbricus terrestris</i>	7		2
<i>Octolasion cyaneum</i>	5		
<i>Octolasion lacteum</i>		16	5
<i>Aporrectodea spec.</i>	3		7
<i>Lumbricus spec.</i>	8	1	
celkem jedinců	40	18	29
Druhů	7	3	7

Z uvedené tabulky je patrné, že největší počet žížal a současně druhů bylo nalezeno přímo v areálu Poldi Kladno (40 jedinců, 7 druhů). Naopak nejmenší počet jedinců i druhů (18 jedinců, 3 druhy) byl nalezen v lese.

Podrobnější hodnocení pomocí vybraných indexů diverzity shrnuje následující tabulka (tab. č. 3).

Tabulka č. 3.: Hodnoty vybraných indexů diverzity v jednotlivých lokalitách odběrů.

<b>Index</b>	<b>Kopistská výsypka</b>	<b>Areál Poldi</b>	<b>Les</b>	<b>Halda</b>
Shannon	1,53	<b>2,08</b>	0,43	1,86
Margalef	2,85	3,75	1,59	<b>4,10</b>
Simpson	0,28	0,14	<b>0,80</b>	0,18
Menhinick	0,79	1,11	0,71	<b>1,30</b>

V tabulce č. 3 jsou znázorněny nejvyšší hodnoty indexů tučně.

## 6. Diskuze

Nejdůležitější požadavky žížal na prostředí jsou dostatek a kvalita potravních zdrojů, vhodná vlhkost, teplota, půdní reakce a půdní textura (Pižl, 2002). Pro vývoj většiny našich žížal jsou optimální teploty v rozpětí 10 – 15 °C. Spodní hranice teploty se pro většinu žížal pohybuje okolo bodu mrazu. Většina žížal, které se vyskytují v České republice, je neutrofilních, optimální půdní reakce je v rozmezí pH 6 – 7. Populace žížal ovlivňuje i textura půdy, nejvhodnější jsou půdy lehčí hlinité až hlinitopísčité. V silně jílovitých půdách žijí žížaly minimálně, a to z důvodu výskytu anaerobních podmínek po deštích a záplavách (Pižl, 2002).

Monitorované lokality byly ovlivněny lidskou činností, která měla zásadní vliv na jejich stav. Získané počty a druhy žížal posloužily k porovnání jednotlivých lokalit. Na všech sledovaných lokalitách postupem času došlo k adaptaci žížal na nově vzniklé půdní podmínky (Kula a Švarc, 2011).

Na lokalitě bývalé ocelárny Poldi Kladno nebyla provedena žádná rekultivace a její areál chátrá již od roku 1989. Přimo v areálu ocelárny jsou nejhojněji zastoupeni jedinci druhů *Lumbricus terrestris*, který je neutrofilní a obývá především louky, listnaté lesy a orné půdy (Pižl, 2002), a *Aporrectodea longa* vyskytující se na orných půdách, lučních ekosystémech, v listnatých lesích i v mokřadech. Tento druh je také neutrofilní a preferuje půdy vápenité. (Pižl, 2002). Z tohoto faktu lze usuzovat, že půda v areálu ocelárny Poldi Kladno není příliš kyselá.

V listnatém lese bylo nalezeno nejvíce jedinců druhu *Octolasion lacteum*. Tento druh bývá nejčastěji nalézán pod kameny a padlými kmeny stromů. Vyskytuje se především v půdách hlinitých a písčitých, v půdách kamenitých se vyskytuje minimálně. Preferuje neutrální půdy (Pižl, 2002).

Na spontánně zarostlé části bývalé hlady jsou nejvíce zastoupeny dva druhy. Prvním z nich je *Aporrectodea caliginosa* obývajícím všechny typy ekosystémů. Tento druh se především vyskytuje ve vlhčích jílovitých a hlinitých půdách, loukách, mokřadech a listnatých lesích, preferuje půdy neutrální a je relativně acidotolerantní (Pižl, 2002). Dalším hojně zastoupeným druhem na spontánně zarostlé části bývalé hlady je již zmiňovaný *Octolasion lacteum*.

Na Kopistské výsypce byla realizována lesnické rekultivace a v současnosti je více než 70 % plochy zalesněno (Lipský, 2007). Nejpočetnější druhy vyskytující se na Kopistské výsypce byly *Aporrectodea caliginosa* a *Lumbricus terrestris*.

Hodnota Shannonova indexu vychází nejvyšší pro areál ocelárny, což znamená, že na tomto místě je druhová diverzita největší. Podle Simpsona je největší druhová diverzita v lese. V areálu ocelárny a na hladě byl nalezen stejný počet druhů (7), ale na hladě se vyskytoval nižší počet jedinců (29), a proto vyšel Margalefův index nejvyšší právě na hladě.

## 7. Závěr

Tato práce je zpracována s cílem prozkoumat a popsat společenstva žížal půd zatížených lidskou činností. Výzkum byl zaměřen na areál a okolí ocelárny Poldi a na Kopistkou výsypku v severovýchodních Čechách.

Žížaly jsou nejvýznamnější skupinou půdní makrofauny. Mají vliv na půdní strukturu, dekompozici organické hmoty, koloběh živin, infiltraci vody i růst rostlin. Svoji aktivitou zabráňují vzniku krusty na povrchu půdy a tím usnadňují klíčení a růst nových rostlin. Chodby žížal zvyšují pórovitost a provzdušněnost půdy, zároveň poskytují prostor pro růst kořenů rostlin. Rostliny v půdách s velkými populacemi žížal vytváří bohatší kořenový systém, což značně přispívá k dostatečnému zásobení rostlin živinami a vodou. Tyto rostliny jsou pak odolnější vůči stresovým situacím a škůdcům. Zatahováním potravy z povrchu půdy do chodbiček obohacují žížaly půdu o organickou hmotu, a to především ve větších hloubkách (Pižl, 2002).

Druhové zastoupení žížal je na jednotlivých lokalitách rozlišné. V areálu a v okolí ocelárny Poldi Kladno bylo získáno celkově 87 jedinců žížal, kteří patří do 10 druhů. Nejvíce jedinců (40) i druhů (7) bylo nalezeno přímo v areálu ocelárny. Nejhojnějším druhem v areálu ocelárny je *Lumbricus terrestris*. Naopak nejméně jedinců bylo nalezeno v lese.

Na Kopistské výsypce bylo nalezeno celkově 57 jedinců patřící do 6 druhů o celkové biomase 7,6 g. Nejpočetnější byl endogeický druh *Aporrectodea caliginosa* a anektický druh *Lumbricus terrestris*.

## 8. Seznam literatury

Absolon, K., Benda, P., Chrudina, Z., Klaudisová, A., Martiško, J., Pařil, P., Řičánek, M. 1994. Metodika sběru dat pro biomonitoring v chráněných územích. Český úřad ochrany přírody. Praha. 70 s.

Čermák, P., Ondráček, V. 2006. Rekultivace antropozemí výsypek severočeské hnědouhelné pánve. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha. 54 s. ISBM: 80-239-8078-5.

Dimitrovský, K., Vesecký, J. 1989. Lesnická rekultivace antropogenních půdních substrátů. Státní zemědělské nakladatelství, Praha. 136 s. ISBN: 80-209-0043-8.

Dimitrovský, K. 2000. Zemědělské, lesnické a hydričké rekultivace území ovlivněných báňskou činností. Ústav zemědělských a potravinářských informací. Praha. 66 s. ISBN: 80-7271-065-6.

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.

Dykyjová, D., Bedrna, Z., Bejček, V., Faiman, Z., Gloser, J., Chalupský, J., Jakrlová, J., Kindlmann, P., Komárková, J., Koříněk, V., Kubíková, J., Kunc, F., Lepš, J., Lukavský, J., Moldan, B., Novák, K., Nováková, E., Ondok, J. P., Pivnička, K., Pokorný, J., Pospíšilová, J., Prokop, M., Říha, V., Slavík, B., Skuhřavý, V., Skuhřavá, M., Solárová, J., Svobodová, Z., Škapec, L., Šťastný, K., Tesařová, M., Úlehlová, B. 1989. Metody studia ekosystémů. Academia, Praha. 692 s. ISBN: 15-4629-21-046-89.

Edwards, C. A., Bohlen, P. J. 1996. Biology and Ecology of Earthworms. Chapman & Hall. London. p. 426. ISBN: 0 412 56160 3.

Jonáš, F. 1986. Rekultivace devastovaných půd. Vysoká škola zemědělská v Praze v čs. redakci VN MON. 156 s.

Kladivko, E. J., Mackay, A. D., Bradford, J.M. 1986. Earthworms as a factor in the reduction of the soil crusting. Soil Science Society of America Journal. 50:191-196.

- Kolář, L. 1999. Hygiena půd. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta. České Budějovice. 153 s. ISBN: 80-7040-334-9.
- Kula, E., Švarc, P. 2011. Žížaly (Lumbricidae) lesních ekosystémů narušených imisemi a ovlivněných rekompensačním vápněním v Krušných horách. Mendelova univerzita v Brně. Brno. 99 s. ISBN: 978-80-7375-482-2.
- Lipský, Z. 2007. Rekultivace Kopistské výsypky: vznik regionálního biocentra v devastované krajině. In: Grohmanová, L. (ed.): Ekologie krajiny v ČR - Těžba nerostných surovin a ochrana přírody. Sborník ekologie krajiny. 4. Vydání. Lesnická práce.
- Losos, B., Maget, J., Ryšavý, J., Vlach, Z. 1984. Ekologie živočichů. SPN. Praha. 316 s. ISBN: 14-174-85.
- Němeček, J., Vácha, R., Podlešáková, E. 2010. Hodnocení kontaminace půd v ČR. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy, v.v.i. Praha. 148 s. ISBN: 978-80-86561-02-4.
- Papáček, M., Matěnová, V., Matěna, J., Soldán, T. 2000. Zoologie. Scientia - pedagogické nakladatelství. Praha. 286 s. ISBN: 80-7183-203-0.
- Pižl, V. 2002. Žížaly České republiky (Earthworms of the Czech Republic). – Sborník přírodovědeckého klubu v Uh. Hradišti. Supplementum 9. Agentura NP v.o.s., Staré Město. 154 s. ISBN: 80-86485-04-8.
- Pommeresche, R., Hansen, S., Løes, A. K., Sveistrup, T. 2010. Žížaly a jejich význam pro zlepšování kvality půdy. Bioinstitut. Olomouc. 22 s. ISBN: 978-80-87371-02-2.
- Römbke, J., Jänsch, S., Didden, W. 2005. The use of earthworms in ecological soil classification and assessment concepts. *Ecotoxilology & Environmental Safety*. 62:249:265.
- Řehounek, J., Řehouňková, K., Prach, K. 2010. Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi. Calla. České Budějovice. 172 s. ISBN: 978-80-87267-09-7.
- Sims R. W., Gerard, B. M. 1985. Earthworms. Linnean Society of London. p. 171. ISBN: 90-04-07582-8.

Spellerberg, I. F. 1995. Monitorování ekologických změn. Český ústav ochrany přírody, Výzkumné a monitorovací pracoviště Brno. Brno. 187 s. ISBN: 80-901855-2-5.

Zicháček, V. 1995. Zoologie. Nakladatelství a vydavatelství FIN. Olomouc. 292 s. ISBN: 80-85572-74-5.

## Elektronické zdroje

Francová, P. Poldi v Kladně – gigant rozpadlý na stovky kousků [online]. Zpravodajský server Lidových novin. 26. října 2011 [cit. 2012-03-28]. Dostupné z <[http://byznys.lidovky.cz/poldi-v-kladne-gigant-rozpadly-na-stovky-kousku-ft2-/firmy-trhy.asp?c=A1111025\\_105600\\_firmy-trhy\\_nev](http://byznys.lidovky.cz/poldi-v-kladne-gigant-rozpadly-na-stovky-kousku-ft2-/firmy-trhy.asp?c=A1111025_105600_firmy-trhy_nev)>.

Zicha, O., Maňas, M., Novák, J. Profil taxonu [online]. BioLib. 2009 [cit. 2012-04-02]. Dostupné z <<http://www.biolib.cz/cz/taxon/id44024/>>.

<[http://www.nature.cz/natura2000-design3/web\\_lokality.php?cast=1805&akce=karta&id=1000068832](http://www.nature.cz/natura2000-design3/web_lokality.php?cast=1805&akce=karta&id=1000068832)>

<[http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poskozeni\\_pudy\\_kontaminaci/\\$FILE/OOH\\_PP-Poskozeni\\_%20pudy\\_kontaminaci-081119.pdf](http://www.mzp.cz/C1257458002F0DC7/cz/poskozeni_pudy_kontaminaci/$FILE/OOH_PP-Poskozeni_%20pudy_kontaminaci-081119.pdf)>