

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta životního prostředí

Katedra plánování krajiny a sídel



**Výskyt půdní makrofauny na rekultivovaných a nerektivovaných
výsypkách na Sokolovsku**

Bakalářská práce

Vedoucí práce: Mgr. Alena Walmsley, Ph.D.

Autor práce: Natalie Kolářová

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Natalie Kolářová

Environmentální vědy
Aplikovaná ekologie

Název práce

Výskyt půdní makrofauny na rekultivovaných a nerektivovaných výsypkách na Sokolovsku

Název anglicky

Occurence of soil macrofauna on reclaimed and unreclaimed spoil heaps in the Sokolov region

Cíle práce

Zjistit výskyt a druhové zastoupení půdní makrofauny na plochách se spontánní sukcesí a na různě starých rekultivovaných plochách na Sokolovských výsypkách.

Metodika

Rešerše literatury z předchozího výzkumu na výsypkách.

Sledování výskytu půdní makrofauny pomocí ručního výběru z půdních sond.

Zhodnocení vlivu jednotlivých druhů dřevin a stáří výsypky na výskyt půdní makrofauny.

Doporučený rozsah práce

30 – 40 stran

Klíčová slova

půdní makrofauna, výsypky, sukcese, rekultivace

Doporučené zdroje informací

Frouz, J., D. Elhottová, V. Kuráž, and M. Šourková. 2006. Effects of soil macrofauna on other soil biota and soil formation in reclaimed and unreclaimed post mining sites: results of a field microcosm experiment. *Applied Soil Ecology* 33:308-320.

Frouz, J., K. Prach, V. Pižl, L. Háněl, J. Starý, K. Tajovský, J. Materna, V. Balík, J. Kalčík, and K. Řehouňková. 2008. Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites. *European Journal of Soil Biology* 44:109-121.

Předběžný termín obhajoby

2020/21 LS – FŽP

Vedoucí práce

Mgr. Alena Walmsley, Ph.D.

Garantující pracoviště

Katedra plánování krajiny a sídel

Konzultant

Pavla Vachová

Elektronicky schváleno dne 27. 3. 2019

prof. Ing. Petr Sklenička, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 27. 1. 2021

prof. RNDr. Vladimír Bejček, CSc.

Děkan

V Praze dne 21. 03. 2021

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma: Výskyt půdní makrofauny na rekultivovaných a nerektivovaných výsypkách na Sokolovsku vypracovala samostatně a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v seznamu použitých informačních zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR.

V Praze dne:

.....
Natalie Kolářová

Poděkování:

Tímto bych chtěla poděkovat Mgr. Alena Walmsley, Ph.D. za pomoc při zpracování bakalářské práce a poskytnutá data.

Dále bych chtěla poděkovat své rodinně a přátelům za podporu při jejím vypracování.

Abstrakt

Práce přináší literární přehled vlivu žížal (*Lumbricidae*) a půdní makrofauny na obnovu půdních funkcí. Dále zkoumá jaký vliv má vegetační pokryv na početnost a druhové zastoupení půdní makrofauny. Hlavně tedy v oblastech po těžbě hnědého uhlí na rekultivovaných výsypkách a těch ponechaných spontánní sukcesi na Sokolovsku. Vzorky půdní makrofauny byly odebrány pomocí půdních sond na stanovištích s různým druhem lesního porostu.

U porostů s Břízou (*Betula pendula*), která se nachází na nerekulitovaných plochách byla početnost žížal vyšší v porovnání s porosty Smrku (*Picea spp.*) a výrazně se lišila pak u porostů Borovice (*Pinus spp.*). Z výsledků vyplývá, že vegetační pokryv ovlivňuje početnost jedinců.

Klíčová slova: makrofauna, rekultivace, sukcese, výsypka, žížaly

Abstract

This thesis presents a literature review of the influence of earthworms (*Lumbricidae*) and soil macrofauna on the restoration of soil functions. It also examines how vegetation cover affects the abundance and species representation of soil macrofauna. Especially in areas after brown coal mining and on reclaimed spoil heaps and those left to spontaneous succession in the Sokolov region. Samples of soil macrofauna were collected using soil probes at sites with different types of forest cover.

The abundance of earthworms was higher in stands of Birch (*Betula pendula*) located in unreclaimed areas compared to stands of Spruce (*Picea spp.*) and differed significantly in stands of Pine (*Pinus spp.*). The results show that vegetation cover influences the abundance of macrofauna species.

Key words: macrofauna, reclamation, succession, spoil heap, earthworms

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Cíle práce	5
3. Literární rešerše	6
3.1. Těžba	6
3.2. Průběh kolonizace	8
3.3. Druhové složení vegetace	9
3.4. Uhlík.....	10
3.5. Půdní makrofauna	11
3.6.1 Arthropoda	12
3.6.2 Mollusca.....	13
3.6.3 Oligochaetes.....	13
3.6. Žížaly.....	14
3.7.1 Morfologie	14
3.7.2 Epigeické	15
3.7.3 Endogeické	15
3.7.4 Anektické.....	15
3.7. Žížaly a jejich vliv na tvorbu půdy	16
4. Popis zájmového území	19
5. Metodika	21
5.1. Vzorkování.....	21
6. Výsledky	23
7. Diskuze	26
8. Závěr a přínos práce.....	28
9. Seznam použité literatury	29
10. Seznam grafů.....	33
11. Seznam obrázků	33

1. Úvod

V rámci zemského povrchu má půda svou nenahraditelnou funkci. Vznikla v prostoru kde se stýká a prolíná litosféra, hydrosféra, atmosféra a v neposlední řadě biosféra. V porovnání s ostatními složkami geosféry jde o komplikovaný, proměňující se systém, který má do určité míry schopnost seberegulace procesů probíhajících v jejím rámci. Vytváří spojnici mezi živou a neživou částí přírody a je jedním z nejdůležitějších neobnovitelných zdrojů pro lidstvo a veškerý život na zemi. Po celá staletí byla považována za kulturní, krajinné, ekonomické a ekologické bohatství. (Gobat et al., 2004) Tvoří základ pro veškeré stavby od budov po komunikace, nacházíme v ní rozmanité druhy nerostného bohatví, plní řadu ekosystémových funkcí a je substrátem pro růst rostlin a tudíž její produkční funkce je vitální pro přežití všech živočichů. V tomto ohledu je jednou z nejvýznamnějších charakteristik její úrodnost, související s tvorbou humusové vrstvy. (Pavlů, 2018; Vráblíková & Slavík, 1994)

Všeobecně můžeme u půdy mluvit o produkčních a mimoprodukčních funkcích. Produkční funkce je využívána jako zdroj substrátu pro růst plodin, její důležitou vlastností, která tuto funkci zajišťuje, je vlastní úrodnost půdy. (Pavlů, 2018)

Úrodnost vytváří podmínky pro život rostlin a edafon, v půdě žijících organismů, a je ovlivněna mnoha faktory, od hloubky kyprého fyziologického funkčního profilu, množstvím přístupných živin, příznivého vodního a tepelného režimu, vhodného provzdušnění a také samotného biologického života v půdě. Úrodnost můžeme rozdělit na úrodnost potenciální (přírozenou), která je dána vývojem půdy působením přírodních činitelů, mateční horminou, klimatem a organismy a to bez vnějších zásahů člověka, na úrodnost efektivní a tedy pozměněnou vlivem člověka, jako může být třeba hnojením, obděláváním půdy a celým souborem agrotechnických opatření a nakonec na úrodnost umělou, o které můžeme mluvit u půd uměle vytvořených člověkem. (Vráblíková & Slavík, 1994)

Mimoprodukční funkce jsou na první pohled méně důležité, jelikož primárně nesouvisí s růstem rostlin, ale při jejich narušení může dojít až ke katastrofálním následkům pro život na zemi. Mezi hlavní mimoprodukční funkce patří schopnost půdy zadržovat, filtrovat a přeměňovat látky. A to pokud jde o přírozeně se

vyskytující látky v přírodě jako jsou živiny, organická hmota a organotvorné elementy, Uhlík a Dusík, zároveň uměle vytvořené látky člověkem, jako jsou antropogenní hnojiva, pesticidy a i nežádoucí kontaminanty vznikající lidskou činností. Transformace, které probíhají v půdě jsou, jak rozkladné, tak syntetické procesy. Dochází k rozkladu biomasy a zpětné uvoňování živin, degradace pesticidů a dalších kontaminujících látek. Syntézou, pak vznikají stabilní humusové látky, které umožňují následnou sekvestraci uhlíku v půdě. Jednou z dalších funkcí je schopnost půdy zadržovat velké množství vody a tím je umožněno přežití všech vyšších rostlin a ostatních organismů v půdě. Dále půdy tvoří prostor a vhodné podmínky pro život půdních organismů a plní tak funkci ekologickou. (Pavlů, 2018)

Půdu můžeme rozdělit na dvě základní frakce a to pórovitou a pevnou, do pórovité patří kapalná a plynná složka a pevná se skládá z organické a anorganické minerální části. Jednotlivé poměry a složení daných frakcí je proměnlivé, ale zůstávají vždy vzájemně propojeny. (Vráblíková & Slavík, 1994)

Voda v půdě ve všech skupenstvích tvoří velkou část půdní hmoty a je hlavně tedy v kapalně fázi nejpodstatnějším hnacím motorem půdní dynamiky, veškerých fyzikálních, fyzikálně chemických, biochemických a biologických pochodů. Z ekologického pohledu má nenahraditelný význam pro organismy a vegetaci a zajišťuje veškeré pedogenetické pochody jako je tvorba humusové složky a transport látek. Většina vody v půdě pochází ze srážkové vody a tudíž její množství značně závisí na intenzitě atmosférických srážek, dále tedy na reliéfu půdy, sklonu svahů, druhu vegetace a samotných vlastnostech půdy a substrátů na kterých se nachází, je také třeba brát na vědomí značný vliv antropogenních činností na dané procesy spojené s vodou v půdě. (Pavlů, 2018)

Vzduch v půdě vyplňuje veškerý volný prostor, kde se nevyskytuje voda. Podobně jako voda je důležitý jako ekologický faktor, který zajišťuje dýchání půdních organismů a kořenů rostlin. Jako pedogenetický faktor, pak ovlivňuje vývoj půdy a oxidční a redukční pochody. Vzhledem k tomu, že obě frakce, jak plynná tak kapalná se vyskytují v půdních pórech, je jejich poměr na sobě přímo závislý. (Pavlů, 2018)

Anorganická minerální složka v půdní hmotě tvoří podstatně velkou část a to v rozmezí 95 – 99% z pevné půdní frakce. Je formována zvětráváním hornin v horních vrstvách zemské kůry a její chemické složení se tedy značně odvíjí právě

od geologického podloží, na kterém vznikla. Zbylou část pevné frakce tvoří organická hmota, ta je z největší části složená detritem, organickými zbytky v různé fázi rozpadu, kořeny rostlin a půdní biotou. (Vráblíková & Slavík, 1994)

Na základě velikosti zrn minerální složky půdy se rozlišují základní půdní druhy. Složení půd podle zrnitosti výrazně ovlivňuje její vlastnosti, jako je například soudržnost, přilnavost a její zpracovatelnost, hlavně tedy při obdělávání půdy. (Neznámý, n.d.) Půdní druhy se rozlišují různým poměrem obsahu písku, prachu a jílu. Písčítá zrna dosahují velikostí od 0,05 - 2 mm, prach je pak v rozmezí 0,05 – 0,002 mm a jílem označujeme zrna menší 0,002mm. Tyto tři frakce dohromady skládají půdní celek zvaný jemnozem, všechna částice větší 2 mm pak tvoří takzvaný půdní skelet. Ve světě je nejčastěji k určení půdního druhu používán takzvaný trojúhelníkový diagram, který rozlišuje dvanáct půdních druhů na základě poměru jílu, prachu a písku. Ve většině výzkumů se pracuje hlavně s jemnozemí, jelikož půdní skelet je brán jako inertní a pro většinu výzkumů nenese důležitá data. Přirozeně se však v půdě částice nenacházejí v elementárním stavu, shromažďují se a vytvářejí agregáty, které následně určují půdní strukturu. (Pavlů, 2018)

Půdní agregáty jsou jednou z primárních složek půdy, jež tvoří k sobě silněji koherentní celky v porovnání s okolními složkami. Procesy koheze a fragmetace půdy dochází k jejich vzniku. Většina druhů půdy se přirozeně rozpadá na agregáty. Agregace má všeobecně zásadní vliv na růst rostlin a části tlejících rostlin tomuto procesu sami napomáhají. (Nimmo et al., 2013)

Jedním z procesů zpětného rozkladu organického materiálu a k sobě koherentních částic v půdě, je mineralizace. Jde o rozklad organického půdního materiálu skrze mnoho reakcí, až na základní složky jako je voda, CO_2 , NH_3 a další jednoduché minerální látky. Až polovina organické hmoty půdy prochází mineralizací každý rok. Během primární mineralizace dochází k rychlé přeměně humusotvorné složky na jednodušší látky, jež už nesplňují humusvé charakteristiky. Při sekundární mineralizaci dochází k pozvolnějšimu rozkladu složitějších organických složek vzniklých procesem humifikace. Nevhodným hospodařením, však může dojít k urychlení sekundární mineralizace a rychlé ztrátě sekvestrovaného uhlíku v půdě, tedy uvolňování CO_2 do atmosféry a ztrátě tak důležitých úložišť uhlíku, které zabezpečují udržitelný vývoj na této planetě. Půda obsahuje minimálně dvojnásobek

uhlíku jak atmosféra a jeho cyklus je v jejím rámci výrazně delší. Způsoby jakými pracujeme a ovlivňujeme půdu můžeme tyto zásobárny přímo ovlivnit narozdíl od cyklu uhlíku v atmosféře a oceánech. Z první zpracované zprávy o stavu půdních zdrojů na planetě vyplývá, právě jako jedna z hlavních hlavní hrozeb pro půdy v Evropě, změna organického uhlíku a hlavně tedy ztráta organické hmoty v půdách. (Koch et al., 2013; Montanarella et al., 2016; Pavlů, 2018)

Půda je tedy pod výrazným tlakem a její degradace, tedy pokles v její funkčnosti a kapacitě poskytovat ekonomické prostředky a ekosystémové služby, je jedním z rostoucích globálních problémů. Plně funkční půdní ekosystém je středem řešení mnoha velkých problémů, jako je zabezpečení dostatku potravin, biodiverzita, změna klimatu a regulace sladkovodních zdrojů. Biodiverzita v půdě je dalším důležitým bodem, jelikož i více jak 98% genetické diverzity můžeme najít právě v půdních ekosystémech. (Koch et al., 2013)

Schopnost půdy zastávat mnohé ekosystémové služby je již vědecky do značné míry stanovena, přesto se tyto postřehy a mnoho dalších poznatků v pedologickém výzkumu nepromítlo do postojů mezinárodní politiky. Na půdu zaměřený politický rámec by měl zvýšit povědomí o funkcích půdy a zasadit se o zvrácení její degradace, zároveň rozšířit znalost doprovodných přínosů půdy pro udržitelný rozvoj. Klíčovým cílem je zabezpečení a optimalizace půdních funkcí, její struktury, jejích rozmanitých a komplexních ekosystémů s půdní biotou, její kapacitu v rámci cirkulace živin, roli v poskytování substrátu pro růst rostlin a regulace, filtrace a jako samotnou zásobárnu sladké vody, v neposlední řadě její funkci jako potenciálního mediátora klimatických změn skrz sekvestraci oxidu uhličitého z atmosféry. (Koch et al., 2013)

Nedostatek dat na lokální úrovni musí být zlepšen aby posouzení pro management půdy fungoval v konkrétních lokalitách. Musíme zlepšit naše znalosti ohledně současného stavu a vývoje půdních podmínek. (Montanarella et al., 2016)

2. Cíle práce

Cílem práce je zjistit výskyt a druhové zastoupení půdní makrofauny a to především žížal na plochách ponechaných primární sukcesi a na různě starých rekultivovaných plochách s rozdílným lesním porostem na Velké Podkrušnohorské výsypce a Výsypce Matyáš v oblastech po povrchové těžbě hnědého uhlí na Sokolovsku. Dále jaký vliv má složení vegetace na abundanci žížal.

Žížaly mají značný vliv na tvorbu struktury půdy a mnohých procesů v ní probíhajících, je tedy zřejmé, že druhové zastoupení a žížal výsledně ovlivňuje kvalitu půdy jež je vytvářena na výsypkách.

3. Literární rešerše

3.1. Těžba

Povrchová těžba uhlí způsobuje obrovské disturbance v ekosystémech na úrovni celého krajiného rázu. Sokolovská oblast, jako jedna ze dvou největších těžebních oblastí na území České republiky, dosahující ohromných ploch přesahujících 6000 ha nově vzniklého terénu. Většina této oblasti, okolo 75%, je rekultivována formou lesního porostu.

Během těžby, která jde až do hloubky 200 m dochází k přesunu minerální půdy na povrch a vznik terénu, který se nachází v nadmořských výškách více jak 100 m nad původní úrovni krajiny a naprosto tak zaniká ekosystém, jež se na nich nacházel. V celém nově vzniklém profilu je odlišné složení půdy a zaniká tak i horizont organického hmoty. Na povrchu se nevyskytuje organický uhlík vznikající nedávnými organickými procesy a lze zde nalézt pouze uhlík z fosilií. Tento stav půdy ochuzené o organický materiál jí vystavuje mnohým nebezpečím, počínaje erozí, nefunkčním vodním režimem, nedostatkem živin a dalšími. Toto následně může způsobit zpomalený růst rostlinného pokryvu a celkový vývoj ekosystému. (Kříbek et al., 1998)

Obnovení půdních procesů je tedy zásadní pro vytvoření znovu funkčních ekosystémů na post těžebních stanovištích. Běžně se restorace půdního ekosystému podporuje navezením vrchní vrstvy půdy na vysypanou hlušinu. V oblastech kde je výsypka ponechána primární sukcesi a není rekultivovaná však k žádnému takovému zásahu nedochází a všechny procesy začínají na prvotním materiálu. Tvorba půdy jako funkčního systému tedy počíná rozpadem geologického substrátu, mnohými fyzikálními, chemickými a biologickými změnami. Jedním z nejdůležitějších procesů je nahromadění organického materiálu a jeho vpravení do svrchních horizontů minerální půdy. (Kříbek et al., 1998)

Otevřená těžba a hlušinové výsypky vytváří extrémě geomorfologicky pozměněný krajiný ráz. Tyto extrémní zásahy do krajiny pak navíc nesou charakter extrémnějších podmínek pro vytvoření funkčního ekosystému. Dochází zde k extrémizaci pedologických podmínek, kde půda obsahuje jíly, na minerály chudé

písky a fytotoxické plísně. (Hendrychová, 2008) Nastávají extrémní klimatické podmínky (extrémní teploty vzduchu v biomase a na povrchu valů, vysoušení půdy) a co se týče biotických vztahů se zde výrazně lépe rozšiřují invazní druhy.(Hendrychová, 2008)

Při obnově krajiny dochází ke dvěma extrémním přístupům, kde technická rekultivace (kulturní koncept) preferuje hlavně využití pro společnost a zanedbává jakékoliv přirozené a krajinné podmínky oblasti, druhým je spontánní sukcese (ekologický koncept) preferuje vytvoření stabilních přírodních ekosystémů bez ohledu na přímé využití společností, hlavně tedy ekonomické. (Hendrychová, 2008) Technická rekultivace je však potřeba na okrajích krajiny, v blízkosti sídel a nebo na místech jež by byly vystaveny zrychlené erozi, jako jsou třeba mírné svahy.(Hodačová & Prach, 2003)

Vegetace na technicky rekultivovaných hlušinových výsypkách má jiný druh vývoje než ta na výsypkách ponechaných primární sukcesi. Na sukcesních výsypkách se ve starších fázích vývoje dostáváme až k dvojnásobnému počtu druhů a tudíž vyšší biodiverzitě oproti technicky upravovaným. Urychlení růstu vegetace na technických výsypkách je jen dočasné a v dlouhodobém měřítku je primární sukcesní vývoj předčí. Spontánní sukcese je advokována jako levnější a jednodušší alternativa k technické rekultivaci jelikož vede k přírodě bližšímu a bohatšímu vegetačnímu porostu. V extenzivních těžařských oblastech střední Evropy a hlavně v bývalých zemích východního bloku, vždy převažovala technická rekultivace. (Hodačová & Prach, 2003)

Technická rekultivace začíná většinou po 5 až 8 letech po té co je substrát více stabilizován. Jakmile dojde k srovnání terénu pro přípravu výsadby stromků, zničí se tím některé nově vzniklé podmáčené oblasti, které jsou běžně využívány například pro rozmnožování ptáků a nebo jako habitat obouživelníků. Navíc tato remodelace terénu umožňuje rozšíření agresivní Třtiny křovištní (*Clamagrostis epigeios*) mnohem více a rychleji než na těch ponechaných sukcesi. Dalším problémem, který může nastat je vysazení nepůvodních druhů z nichž některé jsou invazními druhy a působí tím pádem velkou hrozbu pro druhy přirozené, jde především o druhy jako je Trnovník akát (*Robinia pseudoacacia*), Dub červený (*Quercus rubra*) a Javor jasanolistý (*Acer negundo*). (Hendrychová, 2008)

Kompletní rekultivace 1 ha stojí přibližně 1.2 milionu korun a výsledný les není produkčním a tudíž se nemůže počítat s relativně rychlým návratem zisku.

(Hodačová & Prach, 2003)

V rámci procesu sukcese se množství organického materiálu v půdě zvyšuje a plní tak mnohé funkce, je zdrojem energie pro půdní mikroflóru, ovlivňuje schopnost půdy udržet vodu, podporuje vytáření půdních agregátů a tvorbu půdní struktury. Časem se rozložení organické hmoty v půdním profilu proměňuje a dostává se do hlubších vrstev minerálního podloží. Jeho akumulace je závislá na množství a kvalitě materiálu který se do půdy dostává a na přítomnosti organismů ovlivňujících rychlost rozkladu a distribuci organického materiálu v půdním profilu. (Jan Frouz et al., 2008; Hendrychová et al., 2012)

3.2. Průběh kolonizace

V oblasti Sokolovska se v rámci těžby hnědého uhlí dostává na povrch bazický jílový substrát s hodnotami pH 8.5, který je vysypáván na okraje lomu v haldách. (Jan Frouz et al., 2008) Během tvorby hald z hlušiny, při těžbě hnědého uhlí, se výsypky srovnávají a poté se na nich vysazuje vegetace a nebo jsou ponechány ve vlnách, jak byly vytvořeny vysypávacím strojem a to v rozmezí 1-1.5 m do výšky a 6-7 m do šířky. Vrchní části vln jsou chudé na dusík pravděpodobně následkem erozí, většími výkyvy teplot a menší schopností zadržovat vodu. Dochází v nich k rychlejší mineralizaci půdy, také o ochuzování o vodu, opadanku a větší půdní částice, vše tedy na úkor terénních depresí. (A. Walmsley et al., 2017)

Během v procesu sukcese se významně snižuje pH substrátu a množství dostupného vápníku a sodíku. Ve starších stádiích sukcese dochází k zvýšení celkového obsahu uhlíku a dusíku, dostupného hořčíku a vodou rozpustného fosforu. (Jan Frouz et al., 2008)

V prvních stádiích sukcese, tudíž před vytvořením keřového patra, je vrchní vrstva půdy tvořena hlavně narušeným vyvezeným materiálem z těžby hnědého uhlí.

V oblastech s vyvinutým keřovitým porostem (14 - 22 let staré), už složení svrchní vrstva půdy bývá hlavně z opadaného materiálu a z odumřelé vegetace. Akumulace na povrchu pak může přesahovat roční produkci daného porostu a vegetace. Dochází

pak k vytvoření silné vrstvy pod svrchní opadankou, kde dochází k fermentaci organického materiálu, to tedy poukazuje na pomalý rozklad opadanky a nedostatečné promíchávání půdy. (Jan Frouz et al., 2008)

V starších oblastech (24 let a více) dochází k vytvoření humusové vrstvy a ke snížení vrstvy fermentační. Ve vytvoření humusové vrstvy má hlavní podíl „práce“ žížal a to hlavně promícháváním organické a minerální vrstvy půdy. Před kolonizací výsypek půdní makrofaunou dochází jen k minimálnímu promíchávání půdy. (Jan Frouz et al., 2008)

Změny v porostu vegetace během sukcese jsou významné pro úspěšný vývoj půdních organismů. Půdní organismy jsou poté důležité ve vytváření půdních procesů, ovlivňováním rozkladu organického materiálu v půdě a při tvorbě půdních agregátů. (Jan Frouz et al., 2008)

Změny v půdním prostředí naopak mohou mít vliv na složení skupin půdních organismů a rychlosti průběhu půdních procesů jako je například rozklad. Většina těchto zjištění pochází ze studií v laboratorním prostředí a studie v terénu jsou spíše vzácné. Tvorba půdy v bývalých těžebních oblastech začíná takzvaně *de novo* a je to skvělé prostředí pro zkoumání jednotlivých faktorů a jejich vlivu na tvorbu půdy. (Jan Frouz et al., 2008)

Kolonizace půdy především půdními bezobratlými je zásadní pro vytvoření půdních komunit jak na plochách ponechaných sukcesí tak na těch rekultivovaných. Jde o dlouho trvající proces, který je ovlivněn mnoha faktory jako je vzdálenost od jejich původního zdroje spolu s množstvím překážek jež musí překonat při migraci na nové území, míra vývoje rostlinných pater a také druhové složení vegetace spolu s mírou kvality opadanky. Vliv má také řada abiotických environmentálních faktorů. (Moradi et al., 2018)

3.3. Druhové složení vegetace

Vegetace hraje značnou roli ve vzniku fermentační a humusové vrstvy a to hlavně primární produkcí rostlinné biomasy. Ta se následně mění na organickou vrstvu

humusu a poskytuje tak živiny pro růst dalších rostlin stejně tak jako místo pro život půdní fauny. (Jan Frouz et al., 2008) Mezi dominantní druhy stromové vegetace na výsypkách v Sokolovské oblasti patří Olše (*Alnus* spp.), Javor klen (*Acer pseudoplatanus*), Bříza bělokorá (*Betula pendula*), Jasan ztepilý (*Fraxinus excelsior*), Modřín opadavý (*Larix decidua*), Borovice (*Pinus* spp.), Smrk (*Picea* spp.), Dub letní (*Quercus robur*), Vrba jíva (*Salix caprea*), Lípa srdčitá (*Tilia cordata*). (Alena Walmsley et al., 2019) Kromě opadu může vegetace ovlivňovat humusovou vrstvu pomocí kořenů a to přímo jejich zarůstáním do půdy a nebo nepřímo zlepšováním prostupnosti půdy pro žížaly, které se pak mohou do půdy zavrtávat a přemísťovat organickou hmotu do hlubších vrstev. (Jan Frouz et al., 2008)

Výsadba olší na rekultivovaných stanovištích může mít pozitivní efekt na formování půdy a to hlavně jejich vlivem na místní komunity půdní fauny. V mladých výsadbách olší dochází totiž k rychlému vývoji půdních organismů a v 20-30 letech oblastech může početnost některých druhů dosáhnout srovnatelných hodnot s podobnými lesními porosty na půdě nenarušené těžbou. (Jan Frouz et al., 2001)

3.4. Uhlík

Povrchovou těžbou dochází nejen k narušení krajiny a ekostému jež se na daném území nacházel. Dochází i k uvolnění v půdě a rostlinách sekvestrovaného uhlíku. Toto může mít za následek zvýšení obsahu oxidu uhličitého v atmosféře. Zalesňováním nebo tedy opětovným zalesňováním post těžebních oblastí se značně zvýší zpětná sekvestrace uhlíku do půdy. Zalesňování také může přispět k celkovému objemu uhlíku jež jsou půdy schopné pojmout. Značně tento objem závisí však na druhové skladbě stromů. Mimo všeobecný vliv na globální zásobu uhlíku může akumulace organické hmoty v půdě (SOM – soil organic matter) vést k zlepšení mnoha funkcí půdy vzniklé po povrchové těžbě. Organická hmota pak slouží jako zdroj energie pro půdní mikroorganismy a ovlivňuje míru infiltrace a kapacitu půdy zadržovat vodu, také napomáhá k vytváření půdních agregátů a půdní struktury. Akumulace této hmoty je tedy velmi důležitá právě pro výsypky v post těžebních oblastech na které nebyla navezena žádná mateční zemina, běžně tyto navezené půdy obsahují nějaký organický materiál. (Jan Frouz et al., 2009)

Zásoba uhlíku může být využita jako jeden z indikátorů obnovy post těžebních oblastí. (Jan Frouz et al., 2009) Příkladem může být studie kde akumulace uhlíku v půdě probíhá v prvních 15-20 letech rychleji na rekultivovaných výsypkách zalesněných olší, u nerektulivovaných výsypek byla akumulace pomalejší, hlavně tedy z důvodu pomalejšího počátečního vývoje vegetace. (Jan Frouz & Kalčík, 2006)

Množství uhlíku jež může být uloženo v ekosystému má však určité limity, ty jsou hlavně ovlivněny růstem stromů a pokud také dojde k nasycení půdy uhlíkem. (Jan Frouz et al., 2009) Nejprve se uhlík vyskytuje v nadložních horizontech půdy, kam se dostává rozkladem opadanky z lesního porostu a ostatního tlejícího rostliného materiálu. Později se dostává do organo-minerálního humusového horizontu. (Elhottová et al., 2004) Možná i větší množství uhlíku pak může být uloženo přímo v půdě, v kořenech stromů a jejich okolích mikro ekosystémů a nebo sekvestrovaný v samotné půdě za pomoci půdní bioty. Relativně velké množství uhlíku se pak nachází i v hlubších vrstvách A horizontu a nejspíše tedy jde o uhlík zavlečený do této úrovně vířením materiálu půdními bezobratlými a to tedy hlavně žížalami. (Jan Frouz et al., 2009)

3.5. Půdní makrofauna

Je neuvěřitelné jak rozmanitá a hojná skupina živočichů se nachází v půdě. Celkově se půdní fauna zaslouhuje až za skoro čtvrtinu druhů živočichů na zemi. Jedním z nejběžnějších způsobů dělení půdní fauny je podle její velikosti. Tedy na mikrofaunu, mezofaunu, makrofaunu a mega faunu. (Savin, 2017) Půdní makrofauna začíná velikostně od 2 mm. Mnozí jedinci tráví část nebo i celý životní cyklus v půdě. Procesy bioturbace přispívají k tvoření struktury půdy a koloběhu živin. (Tisdall, 2017) Celkové množství živočichů se výrazně liší mezi různými druhy půd, může však dosahovat až 0.5 t ha^{-1} . Všeobecně můžeme říci, že nejpodstatnějšími zástupci jsou Členovci (*Arthropoda*) jako například stonožky, mnohonožky, chvostokoci a roztoči, dále také Měkkýši (*Mollusca*) hlavně tedy šneci a slimáci a v neposlední řadě Máloštětinatci (*Oligochates*) hlavně tedy žížaly. (Killham, 1994) Žížalovití (*Lumbricidae*) tedy svou velikostí zasahují ve větší části již do Megafauny. (Gobat et al., 2004)

Lze říci, že diverzita půdní fauny bývá největší v oblastech s malou nebo žádnou disturbancí, jako jsou stálezelené trávníky, přirozené lesní porosty, kde hlavním cílem je pro faunu přirozený cyklus živin. Přestože někteří zástupci půdní fauny jsou karnivoři většina makrofauny se podílí na zpracování a promíchávání organických zbytků v půdě. Mezi způsoby zpracování patří hlavně rozměňování organického odpadu v různém stádiu rozkladu na menší fragmenty v trávicím traktu daného živočicha, kde pomocí enzymů a střevní mikroflóry dochází k dalšímu rozkladu onoho materiálu. Na promíchávání organického materiálu půdním profilem se hlavně podílejí žížaly a to jejich vertikálním a horizontálním provrtáváním půdou. (Killham, 1994)

3.6.1 Arthropoda

Půdní členovci jsou jak saphrofágové, tedy živočichové zpracující odumřelý rostlinný materiál, tak i žijící masožravým způsobem života. *Millipeds* (Mnohonožky) spadají pod saphrofágní živočichy zatímco *Chilopoda* (Stonožky) patří k těm masožravým. Všeobecně zaobírají členovci minoritní část půdní fauny. Vyjímkou však mohou být Chvostokoci a Roztoči v půdách s více kyselým pH v humusovém profilu, jako jsou třeba některé lesní půdy a vřesoviště. (Killham, 1994) Mnohonožky se řadí pod Diplopoda, tedy jejich tělo se skládá z velkého množství segmentů (11 až 100), kdy na každém segmentu mají dva páry končetin. Jejich tělo má kruhový nebo polokruhový tvar v průřezu a u některých druhů mohou mít i laterální výrůstky. (Gobat et al., n.d.) Můžeme je najít ve většině ekosystémů, kromě polárních oblastí, nejvíce jsou však početné v tropických oblastech. Řadí se mezi živočichy s nočním způsobem života a preferují vlhká prostředí k životu, kde je dostatek rozkládajícího organického materiálu k jejich obživě. Velmi dobře se dokáží zavrtávat do země a tráví tak většinu svého života pod povrchem půdy. Pokud jsou vyrušeny, mnohonožky se smotají do malé spirály, aby byly lépe chráněny. Pokud jsou nadále vystaveny hrozbě začnou vylučovat odpudivé látky z otvorů podél jejich těla. Jde o jejich jediný možný způsob obrany. (Lizotte Renée, n.d.) Stonožky se stejně jako mnohonožky vyskytují ve všech oblastech světa mimo polární kruh. Nejaktivnější jsou tedy v létě. Nejpočetnější jsou také v tropech a oblastech s teplejším klimatem. Většina druhů žije ve spadaném materiálu z rostlin a půdě, nebo mohou žít i pod kameny, kůrou stromů a tlejícím dřevem v lesích. (Edgecombe

& Giribet, 2007) Patří mezi epi- a hemiedaphon. Kratší stonožky žijí hlavně v opadance a delší, více ohybné druhy můžeme najít v A horizontu půdy.(Gobat et al., n.d.) Žijí většinou solitárním způsobem života, výjimkou je pak kladení vajíček a starání se o nově vylíhlé jedince. Potravu si obstarávají primárně predačním způsobem a skládá se hlavně z menších členovců a jiných malých bezobratlých živočichů. Jejich kořist je imobilizována jedem, který se z jedových žláz vpraví skrz první pár jejich pozměněných horních končetin. Většina druhů také žije nočním způsobem života.(Edgecombe & Giribet, 2007) Jako všichni predátoři napomáhají k vyváženému množství jedinců v populacích jejich kořistí. (Gobat et al., n.d.)

3.6.2 Mollusca

Půdní měkkýši zabírají také jen malé množství biomasy půdní fauny. Mohou mít ale velký agronomický a ekologický vliv na půdu při vlhkých podmínkách, kdy mají značný podíl na zpracovaném materiálu právě oni. (Killham, 1994) Díky tomu se také hlavně vyskytují v prostředích s vysokou vlhkostí, nejpočetnější jsou ve vlhkých půdách a opadance. Šneci, pak ještě upřednostňují prostředí bohaté na vápník, který je nejzákladnějším prvkem pro tvorbu jejich ulity. Nejvíce se vystykují v prvních 10 cm půdy a přemísťují se na základě momentální vlhkosti a teplotě půdy. Přezimovávají pak zavrtáváním se do větší hloubky od 2 do 10 cm pod povrch. (Gobat et al., 2004)

3.6.3 Oligochaetes

Vliv máloštětinatců na úrodnost půdy je značná a v oblastech s vhodnými podmínkami pro jejich život zaujímají velkou část biomasy půdní fauny. Zaslужují se mnohými procesy o vytváření kvalitnějšího půdního prostředí, počínaje rozkladem organického materiálu, provzdušňováním a zkyprčováním půdy a také napomáhají vzniku půdních agregátů. (Gobat et al., 2004)

Žížaly mají vliv na pohyb živin v půdě a jejich chodbičky napomáhají infiltraci dešťové vody do půdy. Dobře vyvinutá společnost žížal dokáže dokonce rozložit roční opad z vyspělého lesního porostu během pár měsíců.(Clive A. Edwards, 2004)

3.6. Žížaly

Žížaly jsou nesporně nejdůležitější součástí půdní bioty v jejich vlivu na tvorbu půdy a udržování půdní struktury a úrodnosti. Přestože nepatří mezi nejpočetnější druhy v půdní fauně celkovým jejich objemem zaujímají značný podíl v celkové biomase půdních bezobratlých. První zmínky o jejich funkci při promíchávání půdy můžeme nalézt již u Aristotela, bylo na ně však až do konce osmnáctého století nahlíženo jako na zemědělské škůdce. Až práce Charlese Darwina „The Formation of Vegetable Mould through the Action of Worms“¹ (1881) přinesla rozsáhlé poznatky k jejich významu v rozkladu odumřelých částí rostlin a neustálém obracení půdy a udržování půdní struktury, provzdušnění, odvod vody z povrchu a její úrodnosti. Jeho pojednání bylo sdíleno i ostatními vědci té doby, ale některé jeho poznámky byly tak nadčasové, že trvalo až padesát let než se je podařilo potvrdit. (Clive A. Edwards, 2004)

Žížaly patřící do třídy Máloštětinatci (*Oligochaeta*), nejběžnější druhy žížal z oblasti Evropy, Severní Ameriky a západní Asie se pak řadí do nadčeledi Žížalovití (*Lumbricoidea*). Dosahují velikostí od jen několika mm až po necelý metr v délce, většina druhů však dosahuje průměrných velikostí nepřesahujících několik centimetrů. (Martin et al., 2008) Jsou poměrně rozsáhle rozšířeny ve většině oblastí světa a nenajdeme je pouze na extrémních stanovištích jako jsou pouště a oblasti permanentně zakryté sněhem a ledem. (Clive A. Edwards, 2004)

3.7.1 Morfologie

Mezi systematické znaky žížal patří jejich bilaterální symetričnost, vnější segmentace korespondující segmentací vnitřní části těla. Nemají žádnou kosterní oporu a jen jemně zabarvenou kutikulu, na všech segmentech, kromě prvních dvou, mají štětiny. K pohybu používají vnější kruhovou svalovinu a vnitřní podélné svalstvo. Jedná se o hermafrodity, kteří mají jen relativně nízké množství pohlavních žláz, mají vždy své stálé umístění v určitých segmentech jejich těla. V dospělosti se v segmentu, jež je výrazně tlustší oproti zbytku epidermis žížaly, tvoří kokony do kterých jsou pak uložena vajíčka. Vajíčka jsou oplodněna a mladé žížaly se vyvinou

¹ Tvorba humusu činností žížal

bez průchodu larválním stádiem, hned po vyklubání jsou značně podobní dospělým jedincům. (Clive A. Edwards, 1996)

Žížaly (*Lumbricidae*) jsou jedním z dlouho zkoumaných živočichů půdní fauny však údaje o jejich výskytu v mnohých oblastech chybí. Nelze tedy srovnat jejich početnost a zastoupení s tím před začátkem těžby v oblasti sokolovské pánve. (Tajovský et al., 1993)

Žížaly můžeme rozdělit do tří funkčních skupin podle jejich rozdílné životní strategie a v jakých vrstvách půdy se nacházejí. (Pižl, 2002)

3.7.2 Epigeické

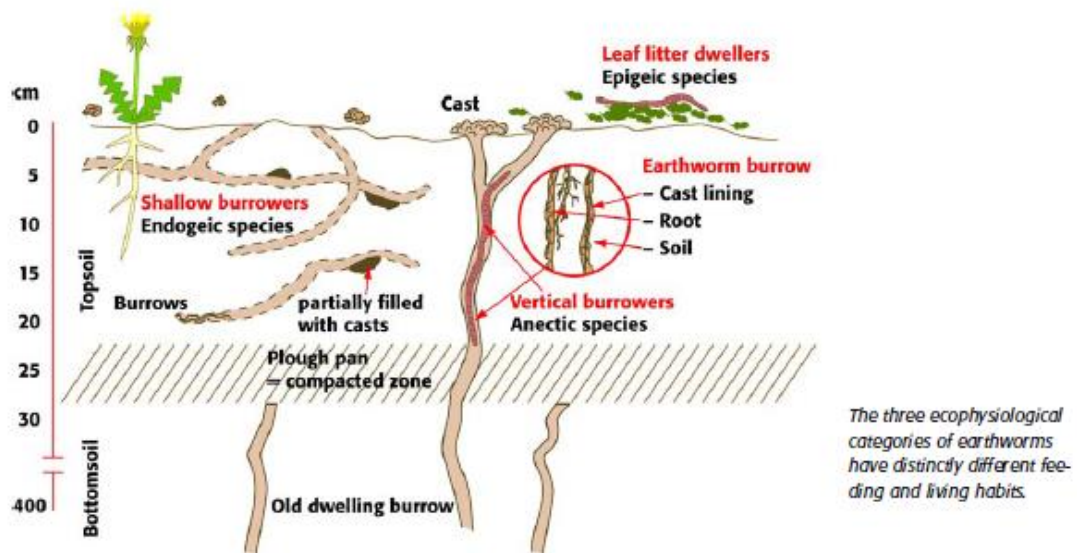
Mají výraznou pigmentaci od temně rudé až k hnědé barvě. Jde o převážně malé druhy, jsou to r-stratégové a tedy se rychle množí. Převážně se živí rostlinným opadem. Tyto druhy žížal najdeme v prostoru akumulované organické hmoty, nejsvrchnějších vrstvách půdy, jen výjmečně vytvářejí chodbičky v půdě a nebo jí požívají. Jejich nejtypičtějšími habitaty jsou spadané listy na půdě lesa a nebo v hromadách hnoje, mají tedy jen malý přímý vliv na strukturu minerálních půd. (Pižl, 2002; Shipitalo & Le Bayon, 2004)

3.7.3 Endogeické

Jde o druhy jemněji pigmentované, světle růžové až šedé. Nejvíce se zavrtávají ve svrchních vrstvách půdy a získávají svou potravu požíváním kombinace organické hmoty z humusové vrstvy a svrchní částí minerální vrstvy půdy. Chodby co tvoří jsou nejčastěji horizontální a nevydrží v půdě tak dlouho jako chodby anektických druhů. Jde hlavně o K-stratégy, množí se tedy pomalu a také narozdíl od epigeických druhů dorůstají do větších velikostí. (Pižl, 2002; Shipitalo & Le Bayon, 2004)(Pižl, 2002)

3.7.4 Anektické

Druhy žijí převážně v polopermanentních až trvalých chodbičkách a mohou se dostat i do hlubších vrstev půdy, přesahující hloubku i jednoho metru. Dostávají se tedy hlouběji do minerálního půdního horizontu. Tyto chodby, pak mohou mít trvalejší vliv na strukturu půdy. Jejich přední část těla bývá tmavě zbarvena a druhá polovina je pak výrazně světlejší. Jsou to převážně velké druhy žížal s pomalejším rozmnožováním, můžeme je tedy řadit na pomezí r-a K-strategů. Primárně se živí rozkládající organickou hmotou na povrchu půdy, často tuto hmotu vtáhnou do svých chodeb a nebo smíchají s půdou a vytvoří hnojivo, kterým pak obohacují minerální půdu i svrchní vrstvu půdy. (Pižl, 2002; Shipitalo & Le Bayon, 2004)



Obrázek 1: Schéma rozdílných habitatů Epigeických, Endogeických a Anectických skupin žížal (zdroj: Technical Guide on earthworms, order no. 1629, International edition FiBL 2014, www.fibl.org)

3.7. Žížaly a jejich vliv na tvorbu půdy

K zvyšování kvality půdy žížalami dochází nejen jejím provzdušňováním a mísením při jejich pohybu, hlavně však při rozměňování opadanky rostlin spolu s minerálními složkami půdy a vzniku takzvaných koprolitů. Jde o organominerální výměšky žížal, které vytvářejí velmi stabilní agregáty. (Pavlů, 2018)

O vznik agregátů a promíchávání organické hmoty se zasluhuje půdní makrofauna nejvíce tedy žížaly. Ovlivňují tak i fyzikální změny a rozmístění organického

materiálu v prostoru. Role půdní makrofauny v promíchávání půdy je hlavně důležitá v bývalých těžebních oblastech a nejvíce v těch s lesním pokryvem, kde nelze implikovat jiné způsoby promíchávání, které by vedly k rychlejší tvorbě kvalitní půdy, jakou je například orba. (Jan Frouz et al., 2006) Agregáty jsou zde tvořeny *de novo*, na půdách v post-těžebních oblastech je jednodušší zkoumat jejich původ a v této oblasti bylo zjištěno, že prismatické agregáty vznikají za pomoci prorůstajících kořenů rostlin, infiltraci vody, fyzikálních procesů při zvětrávání minerálního podloží, především tedy pohyb minerálních částic při cyklech tunutí a tání půdy, zatímco kulovité agregáty jsou tvořeny právě činností žížal, největší vliv na tvorbu agregátů pak měly dva druhy žížal a to *Lumbricus rubellus* a *Arorectodea caluginosa*. V kulovitých agregátech je také vyšší obsah uhlíku. (J. Frouz et al., 2011)

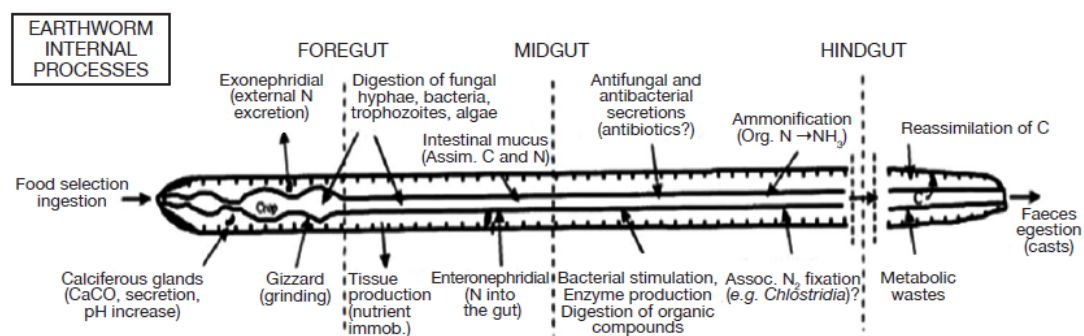


Figure 1. Diagrammatic illustration of different internal components of the drilosphere, from ingestion to excretion in earthworms (adapted from Brown et al., 2000) — *Illustration des composantes internes de la drilosphère, de la digestion à l'excrétion chez les vers de terre (d'après Brown et al., 2000).*

Obrázek 2: Diagram jednotlivých úseků trávicího traktu žížal. (zdroj : *Impacts of earthworms on soil components and dynamics . A review (Lemintiri et al., 2014)*)

Rozklad rostlinného odpadu zvyšuje množství živin uvolňovaných do půdy, které jsou inkorporovány do půdního profilu pohyby žížal. Zvýšení podílu organického materiálu v půdě podporuje mikrobiální biomasu. Žížaly nadruhou stranu také napomáhávají spojování organické hmoty v půdě a to následně může být limitujícím faktorem u množství živin pro ostatní organismy. (Guggenberger et al., 1996; Lemtiri et al., 2014)

Zvýšená schopnost půdy zadržovat vodu je hlavně zásluhou vlivu žížal na inkorporaci organického materiálu a fyzikálních procesů v půdě. (Jan Frouz et al., 2006) Přestože se žížaly živý rozkládajícím organickým materiálem a mikroorganismy jež obsahuje, u endogeinckých a anektických druhů je největší zkonsumované množství složeno minerální hmotou půdy. Tento minerální materiál,

spolu s organickými zbytky je smíchán v jejich trávicím traktu a jejich žížalince, pak zanechávají na povrchu půdy a nebo zanášejí do hlubších vrstev. Množství pozřené minerální půdy je však velmi závislý na velikosti, složení a aktivitě žížalí populace. (Shipitalo & Le Bayon, 2004)

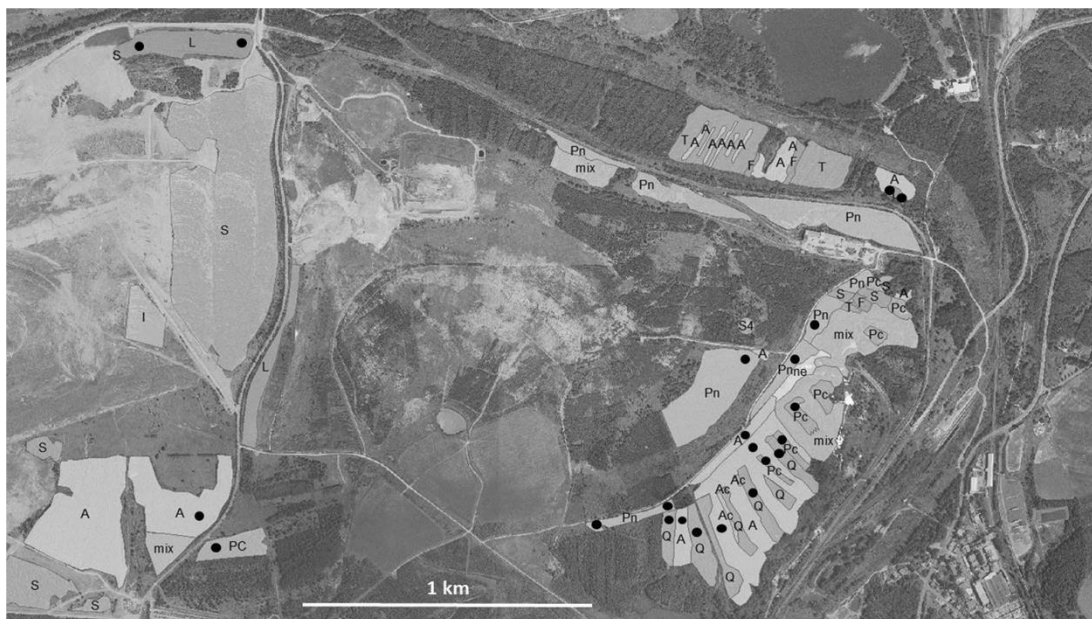
Množství a zdroj organické hmoty jež je do půdy inkorporován žížalami měl podle mnohých studií významný vliv na stabilitu agregátů v rámci jejich výkalů, tedy jde o pozitivní korelaci množství v nich inkorporovaného organického uhlíku a jejich stabilitu. Mnoho fyzikálních, chemických a biologických mechanismů může mít následně vliv na stabilitu těchto agregátů a jejich význam se liší v rámci různých podmínek a druhů žížal. Trvající stabilita těchto agregátů může být hlavně ovlivněna cykly vysoušení a vlhnutí a pokud jsou narušovány ostatními půdními organismy. Po sobě se opakující cykly vysoušení a navlhnutí napomáhají pak udržení přirozené stability agregátů a také k vytvoření různých druhů přirozených vazeb mezi kontaktními částmi půdy v delším časovém období. (Shipitalo & Le Bayon, 2004)

Jedním z nepříznivých vlivů žížal na strukturu půdy bývá zmiňován jejich vliv na erozi půdy. Ten však závisí na několika propojených faktorech a není vždy jasně negativní. Při budování žížalých chodeb v půdě dochází k tvorbě makropórů a infiltrace vody tak může zdvojnásobit a dokonce zvýšit i o patnáctkrát míru pronikání vody do půdy což ve výsledku sížuje množství vody co může z půdy odnáet část materiálu jež jsou na jejím povrchu. Žízaly mohou také napomoci vytvářením nerovností půdy a to tedy zanecháváním jimi zpracovaného materiálu na povrchu půdy a jejich nořící se činnost může narušit krustu půdy a znovu snížit množství vody jež odvádí erodovanou půdu z povrchu. Vzhledem k tomu, že anktické a endogeické druhy žížal vytvářejí velké množství chodeb v minerální půdě mohou významně pozměnit půdní porozitu a vést vodu. Tím také napomáhají zvýšit množství vody dostupné rostlinám a snížit přesun sedimentů, živin a případně zemědělských hnojiv. (Shipitalo & Le Bayon, 2004)

4. Popis zájmového území

Sběr vzorků byl proveden v post těžebních oblastech v hnědouhelné těžební oblasti Sokolovska (50°14'N, 12°40'E). Průměrná nadmořská výška zde dosahuje 500-600 m.n.m. s průměrným ročním úhrnem srážek 650 mm a teplotou 6.8 °C. (A. Walmsley et al., 2017) Stanoviště se nacházejí na Velké Podkrušnohorské výsypce, konkrétněji na výsypce Matyáš, která byla vytvořena otevřenou těžbou hnědého uhlí a primárně se skládá z třetihorních jílu cypřišské geologické formace, které jsou bohaté na minerální živiny. (Kuráž et al., 2012)

V oblastech výsypky kde došlo k odebrání vzorků se nacházejí různé druhy porostu a ne všechny stanoviště byly technicky rekultivovány mezi lety 1974 - 1985, tedy přibližně 5 - 8 let od navesení hlušiny . Technickou rekultivací došlo k rozbrzdění a srovnání půdy, ale nikoliv k přidání vrchní vrstvy půdy. Poté u těchto lokalit došlo k vysazení 3-5 letých sazenic stromků hned do hlušiny v síti 1 x 1 m. Byly použity druhy *Quercus robur*, *Alnus glutinosa*, *Larix decidua*, *Pinus sylvestris*, *Pinus contorta* and *Picea abies*. (Alena Walmsley et al., 2019) V některých částech výsypky kde nedošlo k upravení terénu a vysazení sazenic dřevin byl prostor ponechán sukcesi a můžeme zde tedy najít pionýrské dřeviny a to konkrétněji jde o porost obdobně starých březových stromů. Ty oblasti, které neprošli technickou rekultivací, si ponechali stejnou formu jakou vytvořil navážec hlušiny a jejich různorodá struktura poskytuje útočiště a příznivé podmínky pro mnoho druhů jež vyhledávají daná stanoviště s mělkými vodními plochami vytvořenými v prohlubních terénu, jako jsou hlavně obojživelníci, kteří jsou dnes na jejich zbylých stanovištích výskytu ohrožováni predátory. (Alena Walmsley et al., 2019)



Obrázek 3 : Mapa zkoumané části Podkrušnohorské výsypky s vyznačeným druhovým složením dřevin (A=Alnus spp.;Ac=Acer pseudoplatanus;F=Fraxinus excelsior;L=Larix decidua;mix=mix dřevin;Pn=Pinus spp.;Pc=Picea spp.;Q=Quercus robur;S=Salix caprea;T=Tilia cordata) (zdroj: projekt Optimalizace Managementu Obnovy Lesních Porostů na Stanovištích Dotčených Povrchovou Těžbou)

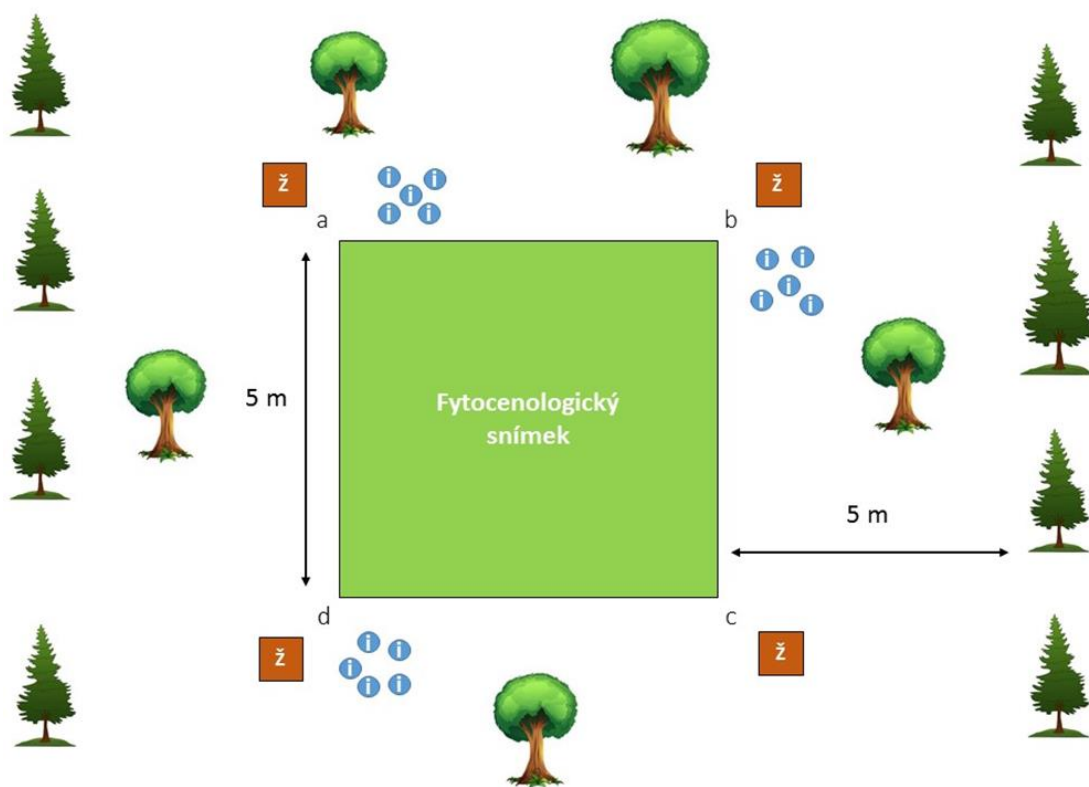


Obrázek 4: Mapa lokalit ze kterých došlo k odebrání vzorků v roce 2018 z daných lesních porostů (Bor=Borovice;Br=Bříza;M=Modřín;O=Olše;Sm=Smrk) (zdroj: projekt Optimalizace Managementu Obnovy Lesních Porostů na Stanovištích Dotčených Povrchovou Těžbou)

5. Metodika

5.1. Vzorkování

Pro zjištění abundance a diverzity půdní makrofauny a zároveň i žížal bylo použito metody sběru dat pomocí tzv. půdní sondy. Půdní sonda je vzorek vykopané půdy určitých rozměrů, v tomto případě šlo o vzorek velikosti 30 x 30 cm do plochy a dosahujících hloubky 25 cm. Na každém vybraném území s rozdílným lesním porostem jsme vybrali oblast, která se nacházela nejbližší 10 metrů od konce lesního porostu určité dřeviny a vždy byly odebrány čtyři půdní sondy od sebe vzdálené vždy 5 metrů a ležící vždy v rozích čtverce fylocenologického snímku.



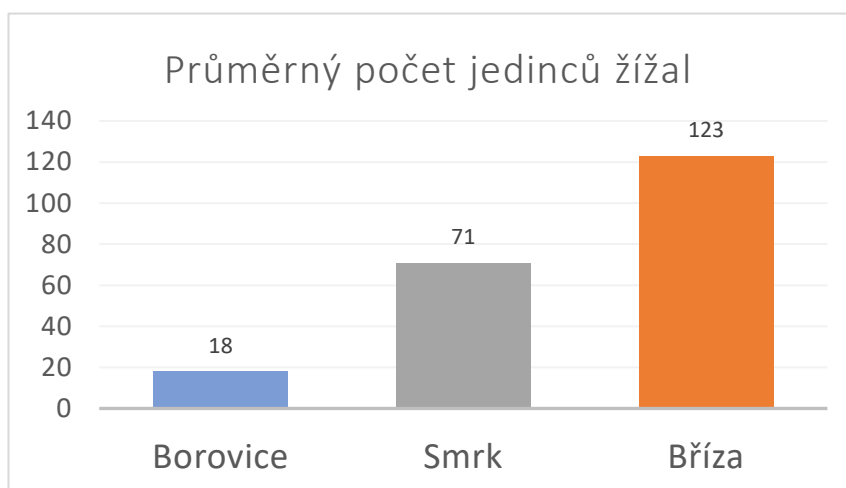
Obrázek 5: Schéma výzkumu půdních vlastností a vegetace na vybraných porostech. Zelený čtverec ve středu znázorňuje fylocenologický snímek, malé hnědé čtverce v rozích (Ž) znázorňují sondy pro průzkum žížal a zároveň místa odběru půdních vzorků a měření utužení půdy. Modré kruhy (i) znázorňují místa měření infiltrace. (zdroj: projekt Optimalizace Managementu Obnovy Lesních Porostů na Stanovištích Dotčených Povrchovou Těžbou)

Pro odebrání půdní sondy byl použit rýč a pomocí metru změřený správný rozměr vzorku. Vykopané sondy byly poté přeneseny na plachtu a ručně přebrány a nalezení jedinci žížal včetně juvenilních jedinců a ostatní makrofauny byly v odpovídající označených nádobách prezervováni v 5% roztoku formaldehydu, aby nedošlo k jejich znehodnocení při jejich pozdějším určení. U žížal k jejich druhové příslušnosti a u ostatní makrofauny došlo k určení na úrovni čeledi a rodu. (Alena Walmsley et al., 2019)

6. Výsledky

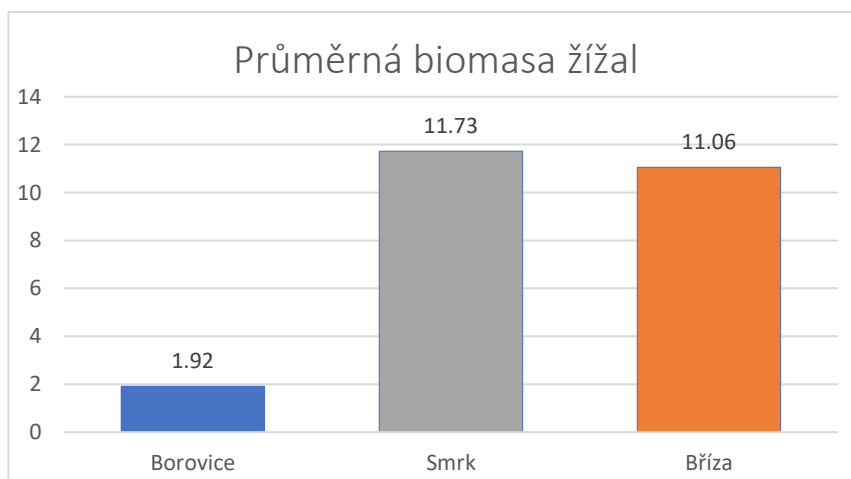
Dataset byl vytvořený ze vzorků žížal sebrané na Velké Podkrušnohorské Výsypce a Výsypce Matyáš. Konkrétně ze vzorků sebraných na třech stanovištích s lesním porostem Borovice a Smrku, tedy na rekultivovaných plochách a čtyřech stanovištích s lesním porostem Břízy, tedy na plochách ponechaných spontánní sukcesi.

Průměrný počet jedinců žížal byl výrazně nejvyšší na plochách s porostem Břízy. Druhá nejvyšší průměrná početnost byla nalezena na plochách zalesněných Smrkem a nejnižší pak u porostů Borovice jak je znázorněno v Grafu 1.



Graf 1: Průměrný počet jedinců žížal na m² u rozdílně zalesněných ploch

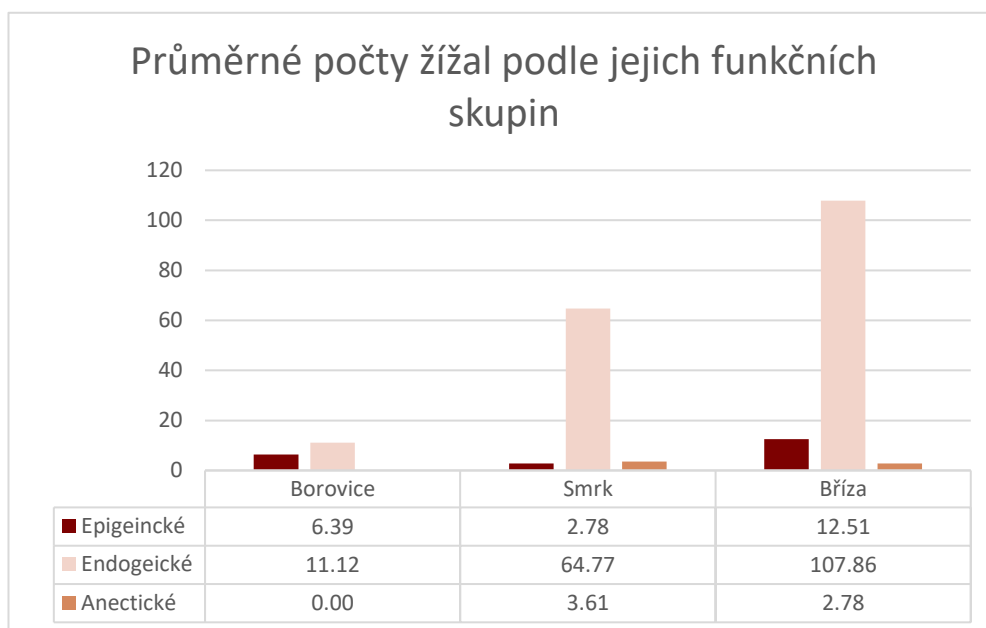
Průměrná biomasa žížal byla pak nejvyšší na plochách zalesněných Smrkem, hned druhá nejvyšší byla na plochách zalesněných Břízou a nejnižší byla jako u početnosti na stanovištích s porostem Borovice jak je vidět na Grafu 2.



Graf 2: Průměrná velikost biomasy žížalých jedinců na m² u rozdílně zalesněných ploch

U porostů Břízy byly nalezeny jak vyšší počty epigeických druhů žížal, tak těch endogeických. Zatímco u porostů se Smrkem šlo hlavně o druhy endogeické, které zpravidla dosahují větších velikostí než epigeické druhy. Mohlo by pak jít o jedno z možných vysvětlení pro vyšší průměrnou biomasu na stanovištích se Smrkem i přes nižší průměrné počty jedinců ve srovnání se stanovišti Břízy. Také by mohlo jít o rozdílné zastoupení dospělců a juvenilních a tedy výrazně menších jedinců mezi vzorky jež by ovlivnili výsledný poměr biomasy ku průměrnému počtu jedinců.

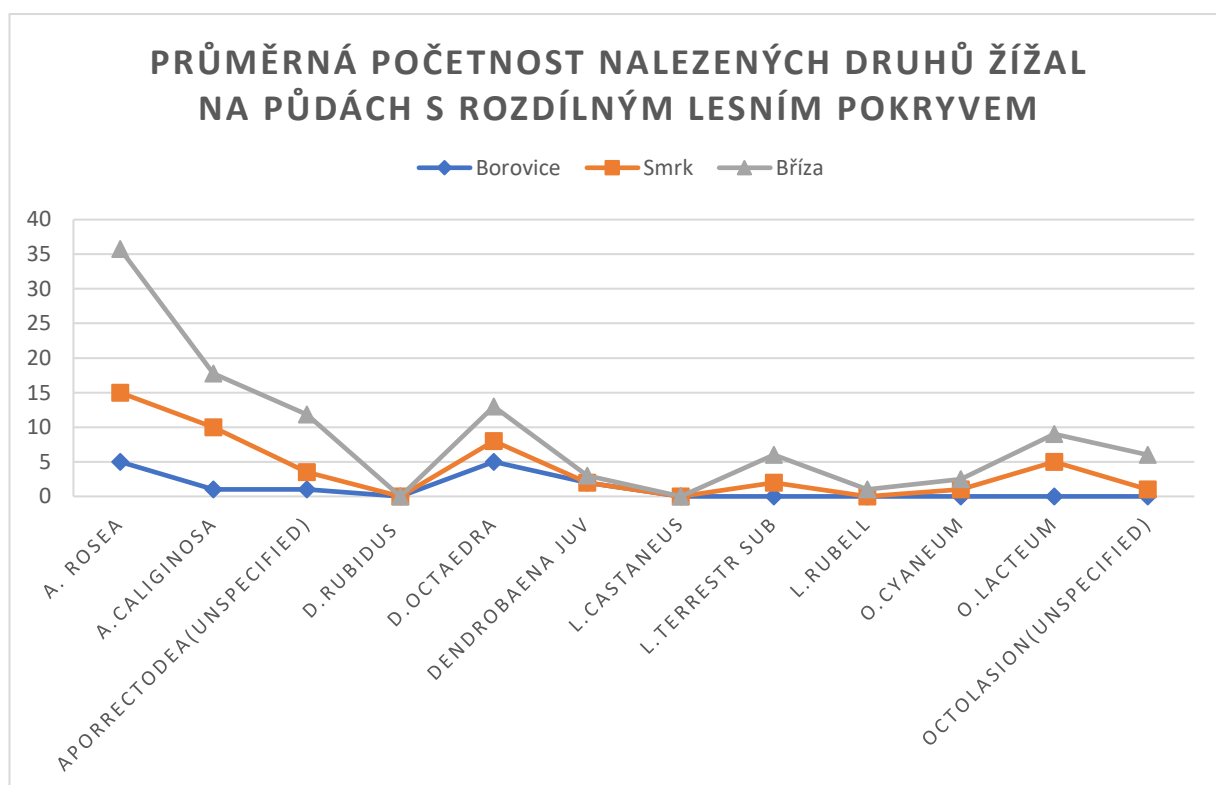
Z funkčních skupin žížal byly nejrozšířenější ty endogeické. S nejvyšší abundancí na plochách s Břízou a Smrkem. Epigeické druhy byly nalezeny primárně na plochách zarostlých Břízou a následně Borovicí. U Smrkových porostů byla jejich početnost značně nižší. Anektické druhy se podařilo najít na stanovištích se Smrkem a Břízou, kde Smrk mírně dominoval v početnosti. Žádní jedinci této skupiny nebyli nalezeni na porostech s Borovicí. Jejich průměrné počty vztažené na plochu můžeme vidět znázorněny v Grafu 3.



Graf 3: Průměrné počty žížal na m² podle jejich funkčních skupin a v závislosti na lesním pokryvu

Co se týče druhového složení nejvíce druhů bylo nalezeno z endogeické funkční skupiny a to konkrétně tyto druhy *Aporrectodea rosea*, *Aporrectodea caliginosa*, *Aporrectodea (unspecified)*, *Octolasion cyaneum*, *Octolasion lacteum* a *Octolasion (unspecified)*. Ve skupině epigeických druhů bylo nalezeno pět druhů a konkrétněji

tedy *Dendrodrilus rubidus*, *Dendrobaena octaedra*, *Dendrobaena* juvenilní jedinci, *Lumbricus castaneus* a *Lumbricus rubellus*. Ze skupiny anektických druhů byl nalezen jeden zástupce a to tedy *Lumbricus terrestris*. Jednotlivé jejich počty můžeme vidět níže na Grafu 4.



Graf 4: Průměrná početnost jednotlivých druhů žížal na rozdílných lesních stanovištích

Nejzastoupenější byl druh *A. rosea*, následně *A. caliginosa* a to nejvíce na plochách zarostlých Břízou.

Nejvyšší početnosti žížal dosahovaly plochy ponechané spontánní sukcesi a byly zarostlé Březovými lesy. Následně pak byla početnost vyšší na plochách se Smrkovým porostem jež patřily k těm rekultivovaným. Vůbec nejnižších počtů jedinců dosahovaly rekultivované plochy zalesněné Borovicí.

7. Diskuze

Na základě sebraných dat znázorněných v grafech je zřejmé, že na nerektlivovaných plochách zalesněných Břízou jsou průměrné počty žížal výrazně vyšší než na technicky rektlivovaných zalesněných Borovicí a Smrkem. Kontradiovalo by to tedy studijím v nichž byla abundance žížal a půdní makrofauny nižší na výsypkách stejného věku ponechaných primární sukcesi než na těch technicky rektlivovaných. (Jan Frouz, Livečková, Albrechtová, Chroňáková, Pižl, et al., 2013; Jan Frouz & Tajovsky, 2007) Jsou však také studie jež tyto výsledky podporují. A uvádí že vyšší druhová rozmanitost půdních bezobratlých byla nalezena na výsypkách ponechaných právě spontánní sukcesi. (Hendrychová, 2008)

Je však nutné říci, že zde jde o srovnání ploch s lesním pokryvem jehličnatých stromů jež byly vysázeny na technicky rektlivovaných plochách a listnatého lesního pokryvu jež byl tvořen břízou na plochách ponechaných primární sukcesi, kde právě opadanka listnatých stromů podporuje lépe vývoj edafonu, oproti těm jehličnatým na stejně starých plochách. (J. Frouz, 1999).

Opadanka jehličnatých lesů totiž může vést k vytvoření méně vhodného prostředí pro žížaly a tak vysvětlit jejich nižší zastoupení v porostech smrku a borovice zvlášt tedy pokud jde o podloží s původně nízkým množstvím živin. (Wandeler et al., 2016)

Mnoho studijí také uvádí korelaci mezi hustotou žížal a kvalitou opadanky stromů. (Jan Frouz, Livečková, Albrechtová, Chroňáková, Cajthaml, et al., 2013) Také větší část vzorků právě z ploch zarostlých břízou byla sebrána během nebo brzy po intenzivních srážkách a aktivita žížal a množství nalezených jedinců mohlo být také ovlivněno tímto faktorem. (C. A. Edwards & Bohlen, 1996, p. 139; Clive A. Edwards, 2004, p. 279)

Z pedologického a biologického hlediska je však různorodý ráz krajiny, jež právě nerektlivované části výsypek nabízí svou vlnitou strukturou, vhodnější pro vývoj větší biodiverzity půdní bioty. Vývoj struktur a komunity půdní bioty může být totiž v místech půdní deprese okolo pásů výsypku rychlejší, jelikož v nich dochází k vyšší akumulaci organické hmoty a vody. (J. Frouz, 1999) V těchto lokalitách je také výrazně vyšší zastoupení vhodných stanovišť pro vzácné druhy a vytváří více rozmanité prostředí s vyšší přírodní hodnotou. (Hendrychová et al., 2008)

V rekultivačních přístupech dochází často ke kompromisu mezi lesnickou a zemědělskou rekultivací. Některé moderní studie však potvrdili negativní vliv některých druhů rekultivace a naopak pozitivní vliv spontánní sukcese na diverzitu a strukturu rostlinných a živočišných komunit. (Hendrychová, 2008)

Vývoj půdy na rekultivovaných plochách je v iniciálních stádiích a ve středních stádiích vývoje rychlejší v porovnání s těm ponechaných spontánní sukcesi avšak na územích starších čtyřiceti let je rozdíl ve vývoji půdy zanedbatelný. (Jan Frouz & Tajovsky, 2007) Dřívější práce indikují vysokou diverzitu a biologickou váhu u některých nerekulitovaných plochách a v některých případech může jít o vhodnější přístup pokud rychlost rekultivace není stěžejním bodem. (Jan Frouz & Tajovsky, 2007)

8. Závěr a přínos práce

Cílem práce bylo zjistit druhové zastoupení žížal a jejich abundanci v závislosti na druhu obnovy výsypek a jejich lesním pokryvu. Po srovnání výsledků se závěry studií zkoumající z části obdobné téma je pravděpodobné, že význam získaných dat o abundanci a druhovém složení žížal nenese zásadní význam a může být zkreslený podmínkami sběru dat a významnému rozdílu druhu opadanky jež listnaté a jehličnaté stromy produkují. Je zřejmé, že k získání přesnějších výsledků by bylo třeba zajistit opakování sběru dat a zabezpečit aby sběr probíhal vždy v obdobných podmínkách, které by nezkreslovali validitu nasbíraných jedinců. Přesto i ze zpracovaných dat lze vidět, že rozdílný lesní pokryv početnost a biodiverzitu žížal ovlivňuje. Přínos spočívá tedy primárně v literární rešerši vlivu půdní makrofauny a žížal na kvalitu a obnovu půdy na výsypkách ať už jde o jejich vliv na strukturu půdy zavrtáváním se do půdy nebo obohacování hlubších vrstev půdy o organický materiál hlavně v rámci kulovitých agregátů jež samy vylučují. Mimo jiné z literární rešerše vyplývá mnoho dalších důvodů pro podporu přirozené obnovy výsypek ať už jde o získání nových habitatů pro běžně ohrožené druhy obojživelníků nebo všeobecně pozitivní vliv na diverzitu a strukturu skupin organismů na nich se nacházejících.

9. Seznam použité literatury

- Cesarz, S., Fahrenholz, N., Migge-kleian, S., Platner, C., & Schaefer, M. (2007). Earthworm communities in relation to tree diversity in a deciduous forest. *Soil Biology*, 43. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2007.08.003>
- Clive A. Edwards, P. J. B. C. A. (1996). *Biology and Ecology of Earthworms - Clive A. Edwards, P.J. Bohlen*. <https://www.amazon.com/Biology-Ecology-Earthworms/dp/0412561603>
- Edgecombe, G. D., & Giribet, G. (2007). Evolutionary biology of centipedes (myriapoda: chilopoda). *Annual Review of Entomology*, 52(February), 151–170. <https://doi.org/10.1146/annurev.ento.52.110405.091326>
- Edwards, C. A., & Bohlen, P. J. (1996). Biology and ecology of earthworms. Third edition. In *Biology and ecology of earthworms. Third edition*.
- Edwards, Clive A. (2004). Earthworm ecology. In *Earthworm Ecology, Second Edition*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420039719>
- Elhottová, D., Frouz, J., Háněl, L., Kuráž, V., Nováková, A., Lukešová, A., Pižl, V., Prach, K., Starý, J., Tajovský, K., Velichová, V., & Voženílková, K. (2004). *Kolonizace výsypek půdními organismy, rozvoj půdy na výsypkách a možnosti jejich urychlení*.
- Frouz, J. (1999). Obnova společenstev půdních organismů na plochách lesnický rekultivovaných hnědouhelných výsypek a jejich význam pro tvorbu půdy. *Ochrana Přírody*, 5, 157–159.
- Frouz, J., Křišťufek, V., Livečková, M., van Loo, D., Jacobs, P., & Van Hoorebeke, L. (2011). Microbial properties of soil aggregates created by earthworms and other factors: Spherical and prismatic soil aggregates from unreclaimed post-mining sites. *Folia Microbiologica*, 56(1), 36–43. <https://doi.org/10.1007/s12223-011-0011-7>
- Frouz, Jan, Elhottová, D., Kuráž, V., & Šourková, M. (2006). Effects of soil macrofauna on other soil biota and soil formation in reclaimed and unreclaimed post mining sites: Results of a field microcosm experiment. *Applied Soil Ecology*, 33(3), 308–320. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2005.11.001>
- Frouz, Jan, & Kalčík, J. (2006). Accumulation of soil organic carbon in relation to other soil characteristic during spontaneous succession in non-reclaimed colliery spoil heaps after brown coal mining near Sokolov (The Czech Republic). *Ekológia (Bratislava)*, 21, 363–369.
- Frouz, Jan, Keplin, B., Pižl, V., Tajovský, K., Starý, J., Lukešová, A., Nováková, A., Balík, V., Háněl, L., Materna, J., Düker, C., Chalupský, J., Rusek, J., & Heinkele, T. (2001). Soil biota and upper soil layer development in two contrasting post-mining chronosequences. *Ecological Engineering*, 17(2–3), 275–284. [https://doi.org/10.1016/S0925-8574\(00\)00144-0](https://doi.org/10.1016/S0925-8574(00)00144-0)
- Frouz, Jan, Livečková, M., Albrechtová, J., Chroňáková, A., Cajthaml, T., Pižl, V., Háněl, L., Starý, J., Baldrian, P., Lhotáková, Z., Šimáčková, H., & Cepáková, Š.

- (2013). Is the effect of trees on soil properties mediated by soil fauna? A case study from post-mining sites. *Forest Ecology and Management*, 309, 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.02.013>
- Frouz, Jan, Livečková, M., Albrechtová, J., Chroňáková, A., Pižl, V., Háněl, L., Starý, J., Baldrian, P., Lhotáková, Z., Šimáčková, H., & Cepáková, Š. (2013). Is the effect of trees on soil properties mediated by soil fauna? A case study from post-mining sites. *Forest Ecology and Management*, 309, 87–95. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2013.02.013>
- Frouz, Jan, Pižl, V., Cienciala, E., & Kalčík, J. (2009). Carbon storage in post-mining forest soil, the role of tree biomass and soil bioturbation. *Biogeochemistry*, 94, 111–121. <https://doi.org/10.1007/s10533-009-9313-0>
- Frouz, Jan, Prach, K., Pižl, V., Háněl, L., Starý, J., Tajovský, K., Materna, J., Balík, V., Kalčík, J., & Řehouňková, K. (2008). Interactions between soil development, vegetation and soil fauna during spontaneous succession in post mining sites. *European Journal of Soil Biology*, 44(1), 109–121. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2007.09.002>
- Frouz, Jan, & Tajovsky, K. (2007). *The effect of earthworms and other saprophagous macrofauna on soil microstructure in reclaimed and un-reclaimed post-mining sites in Central Europe*. 43, 184–189. <https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2007.08.033>
- Gobat, J. M., Aragno, M., & Matthey, W. (n.d.). The living soil. In *Fundamentals of soil science and soil biology*. Science Publishers Inc., NH, USA. <https://lib.ugent.be/en/catalog/rug01:000842747>
- Gobat, J. M., Aragno, M., & Matthey, W. (2004). The Living Soil: fundamentals of soil science and soil biology. In *Science Publisher*.
- Guggenberger, G., Thomas, R. J., & Zech, W. (1996). Soil organic matter within earthworm casts of an anecic-endogeic tropical pasture community, Colombia. *Applied Soil Ecology*, 3, 263–274.
- Hendrychová, M. (2008). Reclamation success in post-mining landscapes in the Czech Republic: a review of pedological and biological studies. *Journal of Landscape Studies*, 1(February), 63–78. http://www.centrumprokrajinu.cz/files/JLS_Volume_1_pp_63-78.pdf
- Hendrychová, M., Šálek, M., & Andrea, Č. (2008). Invertebrate communities in man-made and spontaneously developed forests on spoil heaps after coal mining. *Landscape Studies*, 1(November), 169–187.
- Hendrychová, M., Šálek, M., Tajovský, K., & Řehoř, M. (2012). Soil Properties and Species Richness of Invertebrates on Afforested Sites after Brown Coal Mining. *Restoration Ecology*, 20(5), 561–567. <https://doi.org/10.1111/j.1526-100X.2011.00841.x>
- Hodačová, D., & Prach, K. (2003). Spoil heaps from brown coal mining: Technical reclamation versus spontaneous revegetation. *Restoration Ecology*, 11(3), 385–391. <https://doi.org/10.1046/j.1526-100X.2003.00202.x>
- Killham, K. (1994). Soil Ecology. In *Soil Ecology*.

<https://doi.org/10.1017/9780511623363>

- Koch, A., Mcbratney, A., Adams, M., Field, D., Hill, R., Crawford, J., Minasny, B., Abbott, L., Donnell, A. O., Baldock, J., Barbier, E., Binkley, D., Parton, W., Wall, D. H., Bird, M., Bouma, J., Chenu, C., Flora, C. B., Goulding, K., ... Zimmermann, M. (2013). *Soil Security : Solving the Global Soil Crisis*. <https://doi.org/10.1111/1758-5899.12096>
- Kříbek, B., Strnad, M., Boháček, Z., Sýkorová, I., Čejka, J., & Sobalík, Z. (1998). Geochemistry of Miocene lacustrine sediments from the Sokolov Coal Basin (Czech Republic). *International Journal of Coal Geology*, 37(3–4), 207–233. [https://doi.org/10.1016/S0166-5162\(98\)00002-0](https://doi.org/10.1016/S0166-5162(98)00002-0)
- Kuráž, V., Frouz, J., Mako, A., Shustr, V., Cejpek, J., Romanov, O. V., & Abakumov, E. V. (2012). Changes in Some Physical Properties of Soils in the Chronosequence of Self Overgrown Dumps of the Sokolov Quarry – Dump Complex. *Euroasian Soil Science*, 45(3), 266–272. <https://doi.org/10.1134/S1064229312030076>
- Lemtiri, A., Colinet, G., Alabi, T., Cluzeau, D., Zirbes, L., Haubruge, É., & Francis, F. (2014). *Impacts of earthworms on soil components and dynamics . A review*. 18(1), 121–133.
- Lizotte Renée. (n.d.). *Centipedes & Millipedes*. https://www.desertmuseum.org/books/nhsd_centipede.php
- Martin, J. P., Black, J. H., & Hawthorne, R. M. (2008). *Earthworm Biology I. Figure 1*, 1–3.
- Montanarella, L., Pennock, D. J., McKenzie, N., Badraoui, M., Chude, V., Baptista, I., Mamo, T., Yemefack, M., Aulakh, M. S., Yagi, K., Hong, S. Y., Vijarnsorn, P., Zhang, G. L., Arrouays, D., Black, H., Krasilnikov, P., Sobocká, J., Alegre, J., Henriquez, C. R., ... Vargas, R. (2016). World's soils are under threat. *Soil*, 2(1), 79–82. <https://doi.org/10.5194/soil-2-79-2016>
- Moradi, J., Vicentini, F., Hana, Š., Pi, V., Tajovský, K., Stary, J., & Frouz, J. (2018). *An investigation into the long-term effect of soil transplant in bare spoil heaps on survival and migration of soil meso and macrofauna*. 110(September 2017), 158–164. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.11.012>
- Neznámý. (n.d.). *Definice , význam a funkce půdy*. Online. https://cit.vfu.cz/ivbp/wp-content/uploads/2011/07/Definice_vyznam_a_funkce_pudy.pdf
- Nimmo, J. R., Survey, U. S. G., & Park, M. (2013). Aggregation : Physical Aspects. In *Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences* (Issue June). Published by Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-409548-9.05087-9>
- Pavlů, L. (2018). *Základy Pedologie a Ochrany Půdy* (p. 76). Česká Zemědělská univerzita.
- Pižl, V. (2002). *Žížaly České republiky. Sborník Přírodovědeckého klubu v Uherském Hradišti*. Supplementum č.9.
- Savin, M. C. (2017). Fauna. In L. Rattan (Ed.), *Encyclopedia of Soil Science* (Third edit, pp. 871–876). CRC Press.

- Shipitalo, M. J., & Le Bayon, R. C. (2004). Quantifying the effects of earthworms on soil aggregation and porosity. *Earthworm Ecology, Second Edition, February*, 183–200. <https://doi.org/10.1201/9781420039719>
- Tajovský, K., Balík, V., Frouz, J., Chalupský, J., Pižl, V., & Starý, J. (1993). *Půdně zoologický průzkum předpolí lomu Marie u Sokolova*.
- Tisdall, J. (2017). Fauna and Microflora: Macrofauna. In L. Rattan (Ed.), *Encyclopedia of Soil Science* (Third edit, pp. 877–879). CRC Press.
- Vráblíková, J., & Slavík, L. (1994). *Základy pedologie a ochrany půdního fondu*.
- Walmsley, A., Vachová, P., & Vach, M. (2017). Topography of Spoil Heaps and Its Role in Plant Succession and Soil Fauna Presence. *Scientia Agriculturae Bohemica*, 48(1), 30–38. <https://doi.org/10.1515/sab-2017-0005>
- Walmsley, Alena, Vachová, P., & Hlava, J. (2019). Tree species identity governs the soil macrofauna community composition and soil development at reclaimed post-mining sites on calcium-rich clays. *European Journal of Forest Research*, 138(4), 753–761. <https://doi.org/10.1007/s10342-019-01202-5>
- Wandeler, H. De, Sousa-silva, R., Ampoorter, E., Bruelheide, H., Finer, L., Carnol, M., Dawud, S. M., Gabriel, D., Müller, S., Pollastrini, M., Ratcliffe, S., Raulund-rasmussen, K., Selvi, F., Valladares, F., Meerbeek, K. Van, Verheyen, K., Vesterdal, L., & Muys, B. (2016). Drivers of earthworm incidence and abundance across European forests. *Soil Biology & Biochemistry*, 99. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2016.05.003>

10. Seznam grafů

Graf 1: Průměrný počet jedinců žížal na m ² u rozdílně zalesněných ploch.....	23
Graf 2: Průměrná velikost biomasy žížalých jedinců na m ² u rozdílně zalesněných ploch.....	23
Graf 3: Průměrné počty žížal na m ² podle jejich funkčních skupin a v závislosti na lesním pokryvu.....	24
Graf 4: Průměrná početnost jednotlivých druhů žížal na rozdílných lesních stanovištích.....	25

11. Seznam obrázků

Obrázek 1: Schéma rozdílných habitatů Epigeických, Endogeických a Anectických skupin žížal (zdroj: Technical Guide on earthworms, order no. 1629, International edition FiBL 2014, www.fibl.org)	16
Obrázek 2: Diagram jednotlivých úseků trávicího traktu žížal. (zdroj : Impacts of earthworms on soil components and dynamics . A review (Lemintiri et al., 2014)).	17
Obrázek 3 : Mapa zkoumané části Podkrušnohorské výsypky s vyznačeným druhovým složením dřevin (A=Alnus spp.;Ac=Acer pseudoplatanus;F=Fraxinus excelsior;L=Larix decidua;mix=mix dřevin;Pn=Pinus spp.;Pc=Picea spp.;Q=Quercus robur;S=Salix caprea;T=Tilia cordata) (zdroj: projekt Optimalizace Mangmentu Obnovy Lesních Porostů na Stanovištích Dotčených Povrchovou Těžbou)	20
Obrázek 4: Mapa lokalit ze kterých došlo k odebrání vzorků v roce 2018 z daných lesních porostů (Bor=Borovice;Br=Bříza;M=Modřín;O=Olše;Sm=Smrk) (zdroj: projekt Optimalizace Mangmentu Obnovy Lesních Porostů na Stanovištích Dotčených Povrchovou Těžbou).....	20
Obrázek 5: Schéma výzkumu půdních vlastností a vegetace na vybraných porostech. Zelený čtverec ve středu znázorňuje fytoocenologický snímek, malé hnědé čtverce v rozích (Ž) znázorňují sondy pro průzkum žížal a zároveň místa odběru půdních vzorků a měření utužení půdy. Modré kruhy (i) znázorňují místa měření infiltrace. (zdroj: projekt Optimalizace Mangmentu Obnovy Lesních Porostů na Stanovištích Dotčených Povrchovou Těžbou).....	21

