

Česká zemědělská univerzita v Praze

Fakulta agrobiologie, potravinových a přírodních zdrojů

Katedra zoologie a rybářství



**Česká zemědělská
univerzita v Praze**

**Hodnocení vybraných stanovišť Severočeských dolů na základě
vývoje fauny střevlíkovitých brouků**

Diplomová práce

Autor práce: Bc. Erika Grittnerová

Obor studia: Zájmové chovy zvířat

Vedoucí práce: Mgr. Vladimír Vrabec, Ph.D.

© 2021 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci "Hodnocení vybraných stanovišť Severočeských dolů na základě vývoje fauny střevlíkovitých brouků" jsem vypracovala samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autorka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že jsem v souvislosti s jejím vytvořením neporušila autorská práva třetích osob.

V Praze dne 26.4.2021

Poděkování

Ráda bych touto cestou poděkovala Mgr. Vladimíru Vrabcovi, Ph.D. za odborné vedení mé diplomové práce, pomoc při sběru a determinaci. Dále bych chtěla poděkovat mé rodině za morální i finanční podporu po celou dobu studia.

Hodnocení vybraných stanovišť Severočeských dolů na základě vývoje fauny střevlíkovitých brouků

Souhrn

Tato práce je výzkumem zastoupení střevlíkovitých brouků (*Coeloptera: Carabidae*) na vybraných lokalitách Severočeských dolů. Zařazeny byly lokality vzniklé umělou rekultivací i ponechané přirozené sukcesi. Výzkum probíhal v roce 2020 na 4 lokalitách Dolů Nástup Tušimice (DNT) a 4 lokalitách Dolu Bílina (DB). K monitoringu brouků byly použity zemní pasti s formaldehydem.

Celkově bylo nalezeno 42 druhů střevlíkovitých. Byl zjištěn jeden ohrožený druh *Brachinus crepitans* a výskyt reliktního druhu *Leistus rufomarginatus*. Nejvyšší druhovou pestrost vykazuje přirozená sukcese Merkur V - turnerity, kde bylo celkem nalezeno 17 druhů. Naopak nejmenší druhovou diverzitu má v roce 2020 stará rekultivace Václav II (4 druhy).

Porovnáním lokalit pomocí Jaccardova indexu druhového složení zjistíme, že nejpodobnější fauna (35 %) je na stanovištích Merkur V - turnerity a Pruněrov VIII. Výsledek není zcela očekávaný, protože se jedná o spontánní sukcesi (Merkur V) a středně starou rekultivaci (Pruněrov VIII). Obě tyto lokality jsou však svým charakterem vhodné pro osidlování širokým spektrem druhů. Naopak nejméně podobné lokality (0 %) byly přírodní sukcese Merkur V - turnerity a stará rekultivace Václav II. V druhém případě se znovu objevil Merkur V a Radovesice XVII B, kde se jedná v obou případech o přírodní sukcesi. Tento neočekávaný výsledek byl zdůvodňují rozdílnou geografickou oblastí, nadmořskou výškou a možným zkreslením výsledků.

Na základě výsledků lze potvrdit pouze první hypotézu „Přirozené sukcese vykazují větší stabilitu společenstev a hostí širší druhové spektrum než umělé rekultivace.“. Druhá hypotéza „Se zvyšujícím se stářím rekultivovaných i sukcesních stanovišť se zvyšuje počet zastoupených druhů“ se nepotvrdila.

Klíčová slova: rekultivace, sukcese, kvalita prostředí, bioindikace, střevlíkovití

Evaluation of selected habitats of Severočeské doly mine territory based on the development of ground beetle fauna

Summary

This thesis is a research of distribution of family of ground beetles (*Coeloptera: Carabidae*) in selected locations of the former coal mines of Severočeské doly area. These areas were re-forested technically or with spontaneous succession. The research was conducted during the year of 2020 in 4 locations of Nástup Tušimice (DNT) coal mine and 4 locations of Bílina coal mine (DB). The method of pitfall traps with formaldehyde was used for monitoring of ground beetles.

There were found 51 different species of ground beetles in total. There was found one protected species *Brachinus crepitans* and also one relict species *Leistus rufomarginatus*. The highest species diversity was found in spontaneous succession Merkur V Turmerity with 17 species in total. On the contrary the lowest species diversity was found in an old forest reclamation Václav II (4 species) in 2020.

The comparison of similarity of species within individual areas shows that spontaneous succession Merkur V and middle old reclamation Pruněrov VIII were the most similar (35 %). Probably it is due to same character of areas for colonization for wide range of animal species. On the contrary the less similar locations (0 %) were in the first case spontaneous succession Merkur V and old forest reclamation Václav II. In the second case the lowest similarity was between two spontaneous successions (Merkur V and Radovesice XVII B), that was unexpected result. It was justified by the different geographical area, different altitude and possible distortion of the results.

Based on findings it is possible to confirm the first hypothesis „Natural successions have higher stability of communities and they host wider range of species than artificial reclamations.“, but the second hypothesis „With aging of reclaimed and successived areas, the number of represented species is increasing too.“ cannot be confirmed.

Keywords: reclamation, succession, quality of the environment, bioindication, ground beetles

Obsah

1 Úvod.....	9
2 Vědecká hypotéza a cíle práce.....	10
3 Literární rešerše.....	11
3.1 Střevlíkovití.....	11
3.1.1 Taxonomie.....	11
3.1.2 Morfologie.....	12
3.1.2.1 Hlava	12
3.1.2.2 Hrud'.....	12
3.1.2.3 Zadeček.....	13
3.1.3 Vývojová stádia.....	16
3.1.3.1 Vajíčko.....	16
3.1.3.2 Larva.....	17
3.1.3.3 Kukla.....	18
3.1.3.4 Imago.....	18
3.1.4 Výskyt.....	18
3.1.5 Potrava.....	20
3.1.6 Obrana.....	21
3.1.7 Význam.....	21
3.1.7.1 Střevlíci jako bioindikátoři.....	21
3.1.7.2 Rozdělení střevlíkovitých do skupin podle ekologické valence.....	23
3.1.8 Ochrana přírody.....	23
3.1.9 Metody sběru.....	25
3.1.10 Preparace.....	26
3.1.11 Určování.....	27
3.2 Těžba uhlí.....	27
3.2.1 Popis uhlí.....	27
3.2.2 Způsoby těžby.....	27
3.2.3 Vlivy těžby na prostředí.....	29
3.2.4 Výsypky.....	30
3.2.5 Historie těžby v České republice.....	31
3.2.6 Společnost Severočeské doly a.s.....	31
3.2.7 Charakteristika Severočeské hnědouhelné pánve.....	32
3.3 Obnova vytěžených lokalit.....	34

3.3.1 Rekultivace.....	34
3.3.2 Sukcese.....	38
4 Metodika.....	41
4.1 Charakteristika lokalit.....	41
4.1.1 Doly Bílina.....	41
4.1.2.1 Radovesnická výsypka XVII. B.....	42
4.1.2.2 Radovesice VI - XI.....	42
4.1.2.3 Václav II.....	43
4.1.2.4. Pokrok II.....	44
4.1.2 Doly Nástup Tušimice.....	45
4.1.1.1 Merkur I	45
4.1.1.2 Merkur V - turmerity.....	46
4.1.1.3 Pruněřov VIII.....	47
4.1.1.4 Pruněřov XI – severní svahy.....	48
4.2 Metodika výzkumu.....	49
4.2.1 Metodika sběru.....	49
4.2.2 Postup zpracování nachytaného materiálu.....	50
4.2.3 Vyhodnocení výsledků.....	50
5 Výsledky.....	52
5.1 Podobnost lokalit dle Jaccardova indexu.....	55
5.2 Dominance.....	56
5.3 Simpsonův index diverzity pro rok 2020.....	59
5.4 Rozdělení střevlíkovitých do bioindikačních skupin.....	60
6 Diskuze.....	63
6.1 Celkový počet druhů.....	63
6.2 Počty zjištěných druhů podle stáří stanovišť.....	64
6.3 Podobnost lokalit podle Jaccardova indexu.....	64
6.4 Dominance a zastoupení druhů.....	65
6.5 Index diverzity.....	65
6.6 Významné druhy.....	65
7 Závěr.....	67
8 Literatura.....	68

1 Úvod

V České republice má těžba hnědého uhlí dlouholetou tradici. Nejstarší o ní dochované informace pocházejí z roku 1403, kdy uhlí ještě nebylo využíváno k topení. Jako zdroj energie se objevuje od 16. století.

Zpočátku nebyla devastace krajiny tak markantní. Větší následky, které příroda nebyla sama schopna napravit, se začaly objevovat ve druhé polovině 19. století, kdy nastal rozmach těžby uhlí, i když stále v hlubinných dolech. Éra povrchové těžby nastala v 60. letech 20. století.

Při takovém podílu devastace je třeba pomýšlet na obnovu krajiny, a tím začaly být významné rekultivace. Po ukončení těžby se dnes důlní společnosti snaží krajinu napravit pomocí rekultivačních technik nebo ji nechávají spontánnímu vývoji přírodní sukcesí.

Abychom mohli hodnotit úspěšnost těchto kroků, můžeme použít živočišné druhy jako bioindikátory. Tito bioindikátoři reagují na abiotické i biotické vlastnosti prostředí i jeho biodiverzitu. Vynikající modelovou skupinou je čeleď střevlíkovitých (*Carabidae*) díky svým typickým vlastnostem. Úspěšnost střevlíkovitých brouků jako bioindikátorů je dána zpracovanou metodikou sběru a determinace, velkým počtem druhů, vhodnou velikostí těla, absencí křídel u řady druhů a predátorským způsobem života. Předkládaná studie se pokouší o hodnocení stavu vybraných rekultivací Severočeských dolů a.s. Právě na základě fauny střevlíkovitých brouků.

2 Vědecká hypotéza a cíle práce

2.1 Cíl práce

Cílem práce je srovnání vybraných biotopů krajiny poničené těžbou na základě přítomnosti bioindikačně významné skupiny fauny: střevlíkovitých brouků (*Coleoptera: Carabidae*) a posouzení jejich dosavadního vývoje z hlediska kvality výsledného prostředí. Srovnávají budou plochy rekultivované a plochy ponechané přirozenému vývoji po ukončení těžby a sypání vytěžených hornin.

2.2 Hypotézy

Přirozené sukcese vykazují větší stabilitu společenstev a hostí širší druhové spektrum než umělé rekultivace.

Se zvyšujícím se stářím rekultivovaných i sukcesních stanovišť se zvyšuje počet zastoupených druhů.

3 Literární rešerše

3.1 Střevlíkovití

S ohledem na druhy a rody jsou brouci nejpočetnějším řádem hmyzu (Pokorný, 2002), 40 % hmyzu tvoří právě tento řád. Osidlují téměř všechny biotopy včetně velehor nebo hlubokých jeskyní (Hůrka et Čepická, 1978).

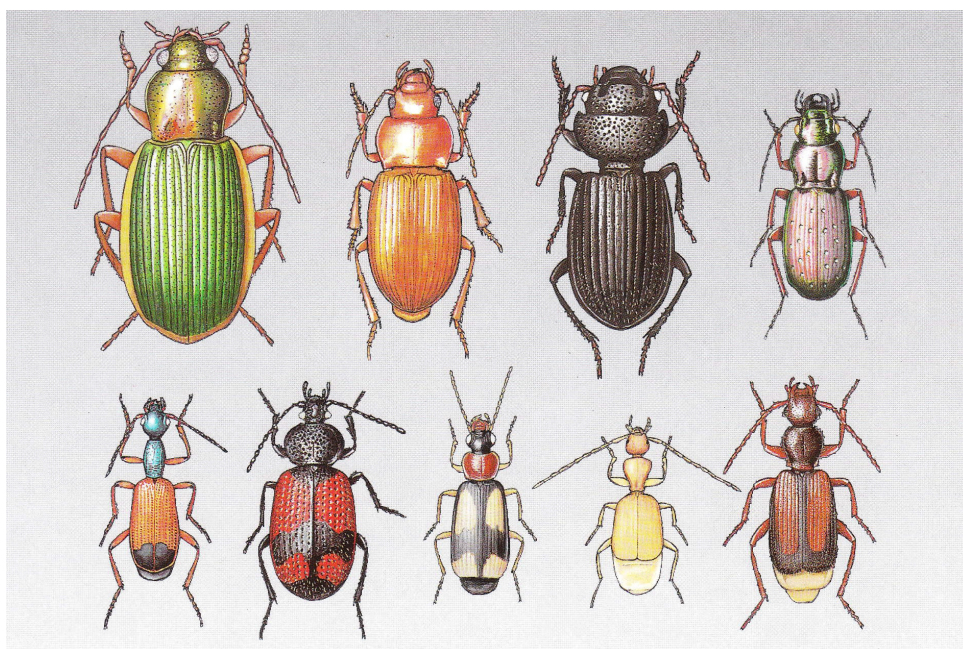
3.1.1 Taxonomie

Střevlíkovití (*Carabidae*) zahrnují více než 40 000 popsanych druhů klasifikovaných v přibližně 86 rodech a jsou nejpočetnější čeledí v podřádu *Adephaga* (Lövei et Sunderland, 1996). Do tohoto podřádu patří skupiny považované někdy za samostatné čeledi *Cicindelidae* (svižníkovití) a *Rhysodidae* (Pokorný, 2002).

Na území ČR se vyskytuje přibližně 504 druhů střevlíkovitých brouků (Kučera, 2005).

Čeď střevlíkovitých je jednou z nejvíce studovaných čeledí v entomologii, a to především v Evropě. Je to dáno relativně stabilní taxonomií, vysokou bohatostí druhů, výskytem se v různých ekosystémech a geografických oblastech, citlivostí na změny prostředí, snadným odchytém a monitoringem a navíc mají významnou roli v zemědělství jako tzv. „natural control“ (Kotze et al., 2011).

Obrázek 1: Různé morfologické formy střevlíkovitých brouků. Zdroj: Hůrka (1996).



3.1.2 Morfologie

Obecně se tělo brouků skládá ze tří hlavních částí – hlavy, hrudi a zadečku (Pokorný, 2002). Délka těla u střevlíkovitých brouků z území ČR může kolísat mezi 2 mm – 50 mm (Zahradník et Severa, 2015). U většiny z nich je povrch těla velmi dobře sklerotizován a jen výjimečně jsou krovky tenké a měkké (Hůrka, 1996). Dalším typickým znakem některých druhových skupin střevlíků jsou srostlé krovky a zakrnělá zadní křídla, proto také velké formy nelétají (Pokorný, 2002).

Zbarvení bývá většinou černé nebo tmavě hnědé. Velmi často se objevuje mosazný, měděný, zelený nebo modrý kovový lesk. Dále se může objevit žlutá, žlutohnědá nebo žlutočervená, a to buď na většině těla nebo jen na jeho částech jako nohy, ústní ústrojí, tykadla, spodní část těla apod. (Hůrka, 1996). Štít i krovky jsou většinou zbarveny stejně, jen výjimečně je u některých druhů štít barevně odlišen (Zahradník, 2008).

Rozdíly mezi jednotlivými druhy dány především způsobem života (končetiny) a potravou (oči, ústní ústrojí) (Ribera et al., 1999).

3.1.2.1 Hlava

Na hlavě se nacházejí složené oči, ústní ústrojí a tykadla s hlavními smyslovými, čichovými a hmatovými orgány (Pokorný, 2002).

Tykadla se u střevlíkovitých skládají z 11 článků (Hůrka, 1996) a jsou hustě ochlupená, a to od třetího, čtvrtého nebo pátého článku v závislosti na druhu (Zahradník, 2008).

Ústní ústrojí je kousavé a tvarované podle způsobu příjmu potravy. Odshora jej dle Pokorného (2002) tvoří horní pysk (*labrum*), kusadla (*mandibuly*), sloužící k uchvacování, hrubému zpracování potravy a k obraně (Hůrka, 1996), čelisti (*maxilly*) sloužící k rozměňování potravy, nesou dvou až pětičlenná párovitá makadla čelistní (*palpus maxillaris*), dolní pysk (*labium*) nesoucí další dvě dvou až tříčlenná makadla (*palpi labiales*) (Pokorný, 2002) a jazýček (*ligula, glossa*) (Hůrka, 1996).

3.1.2.2 Hrud'

Hrud' (*thorax*) se skládá ze tří částí – předohrud' (*prothorax*), středohrud' (*mesothorax*) a zadohrud' (*metathorax*).

Na vrchní části předohrudí se nachází hřbetní štít (*pronotum*) (Pokorný, 2002), obvykle srdčitého tvaru (Hůrka, 1996). Středohrud' a zadohrud' jsou srostlé a nesou každá jeden pár křídel. První pár je přeměněn na krovky (*elytrae*), druhý pár je blanitý, v klidu je složený a ukrytý pod krovkami. U kořene krovek za hřbetním štítem se nachází malý trojúhelníkový štítek (*scutellum*) (Pokorný, 2002). Krovky jsou jen ojedinele hladké, většinou jsou různě hrbolaté. Nachází se na nich všemožné rýhy a tečky, z nichž vyrůstají smyslové brvy (Zahradník, 2008). Křídla střevlíkovitých mají více nebo méně zachovány všechny základní žilky. Plně vyvinutá křídla bývají přehnutá, aby je bylo možné složit pod krovky (Hůrka, 1996). Příkladem dobrých letců jsou z větších střevlíků například krajníci

(*Calosoma*) (Zahradník, 2008). U mnoha druhů jsou křídla částečně nebo skoro úplně redukována a krovky jsou srostlé (Hůrka, 1996).

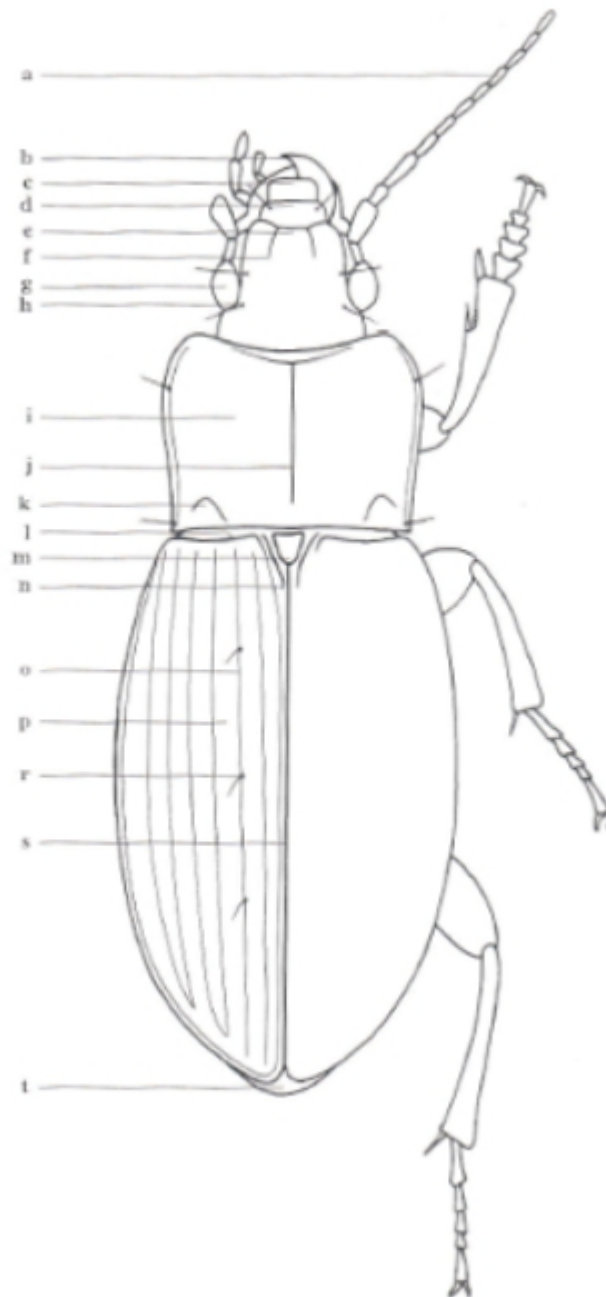
Na každé části hrudi je umístěn jeden pár nohou (Pokorný, 2002). Nohy jsou u většiny druhů běhavé, méně často kráčivé nebo hrabavé. Chodidla předního, někdy i středního páru nohou bývají u samců rozšířená (Hůrka, 1996).

3.1.2.3 Zadeček

Zadeček ukrývá většinu vnitřních orgánů. Shora je kryt krovkami (Pokorný, 2002) a u většiny střevlíkovitých se skládá z šesti viditelných článků (sternitů) zesponu a osmi svrchu (Hůrka, 1996). Poslední zadečkový článek se nazývá *pygidium* a vyčnívá z krovek (Pokorný, 2002). Samčí pohlavní orgán (*aedeagus*) je v klidu uložen v koncové části zadečku a vzhledem k ose těla je otočen o 90° většinou doprava, výjimečně doleva (Hůrka, 1992). Samičí vnější pohlavní orgán, který se nazývá kladélko, není u samic střevlíků patrný (Hůrka, 1996). Někdy se odlišnosti samičích pohlavních orgánů používá k odlišení jednotlivých druhů (Hůrka 1992).

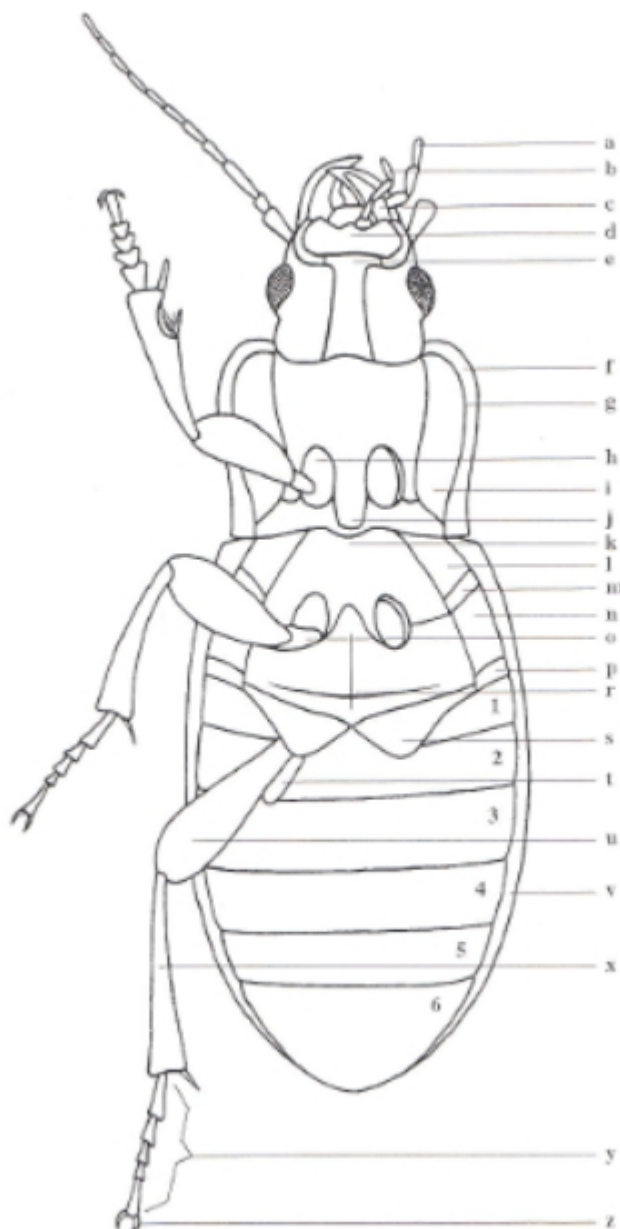
Obrázek 1: Morfologie střevlíka , část 1. (Hůrka et al., 1996)

a- tykadlo, b - kusadlo, c - horní pysk, d - klypeus, e - čelo, f - čelní brázda, g - oko, h - porojamka vnitřního okraje oka, i - štít, j - střední linie štítu, k - bazální vtak štítu, l - bazální vroubení krovek, m - štítek, n - skutelární rýžka, o - krovková rýha, p - mezirýží krovek, r - dorzální porojamka, s - šev krovek, t – pygidium



Obrázek 2: Morfologie střevlíka , část 2. (Hůrka et al., 1996)

a - čelní makadlo, b - pyskové makadlo, c - čelist, d - brada, e - hrdlo, f - epipleura štítu, g - notopleurální šev, h - kyčel 1. páru noh, i - episternum předohrudi, j - výběžek předohrudi, k - středohrud', l - episternum předohrudi, m - epimeron středohrudi, n - episternum zadohrudi, o - trochanter 2. páru noh, p - epimeron zadohrudi, r - zadohrud', s - kyčel 3. páru noh, t - trochanter 3. páru noh, u - stehno 3. páru noh, v - epipleura krovky, x - holeň 3. páru noh, y - chodidlo 3. páru noh, z - drápek, 1-6 - viditelné články zadečku



3.1.3 Vývojová stádia

V rámci vývoje procházejí brouci proměnou dokonalou a ta probíhá ve čtyřech fázích – vajíčko, larva, kukla a dospělec (imago).

Nejvíce druhů brouků se páří na jaře (Trautner et Geigenmüller, 1987). Vývoj většiny našich druhů je monovoltiní (jen s jednou generací v roce) a probíhá ve dvou základních typech. V prvním typu je začátek rozmnožování synchronizován s diapauzou (zastavení nebo zpomalení vývoje, které není přímým důsledkem aktuálních podmínek) v larválním stádiu. U druhého typu diapauza probíhá u pohlavních orgánů dospělců (gonád). Tento typ převládá a dochází při něm k rozmnožování a vývoji larev na jaře a v časném létě. Dospělci další generace se líhnou na konci léta nebo na podzim a přezimují. U typu s larvální diapauzou přezimují dospělci i larvy a další generace se líhne na jaře nebo začátkem léta následujícího roku. Dále existují různé modifikace těchto dvou základních typů. U střevlíkovitých mírného pásma byl zjištěn výjimečný vývojový typ bez diapauzy, a to třeba u druhu *Abax parallelepipedus* (čtvercoštítník černý). Příbuzné druhy v rámci druhových skupin, podrodů a druhově málopočetných rodů většinou patří ke stejnému základnímu vývojovému typu (Hůrka, 1996).

Některé druhy, většinou z podčeledi *Pterostichinae*, jsou známy tím, že se starají o vajíčka dokud se nevylíhnou larvy (Trautner et Geigenmüller, 1987), Samice těchto druhů hlídají vajíčka na dně jamky ukryté pod kamenem nebo dřevem a po celou dobu nepřijímají potravu. Samice některých druhů rodu *Ophonus* shromažďují pod zemí semena miříkovitých sloužící jako zásoba potravy pro vylíhlé larvy (Hůrka, 1996). Tyto druhy s péčí o potomstvo kladou menší počet vajíček, například u střevlíčka *Molops piceus* je to jen 5 vajíček (Hůrka et Čepická, 1978).

U většiny prskavců (*Brachinidae*) a druhů z rodu *Lebia* je znám parazitický způsob života. Hostitelem druhů rodu *Lebia* jsou mandelinky (*Chrysomelidae*), kdy larvy vnikají do jejich kukel. Parazitičtí střevlíkovití mají velmi diferenciované larvální stádium, kde jsou ústní ústrojí a nohy silně redukovány (Trautner et Geigenmüller, 1987).

3.1.3.1 Vajíčko

Samice klade vajíčka obvykle již krátce po opuštění kukly (Pokorný, 2002). Některé druhy je volně položí na listy rostlin, na povrch půdy, na kmeny a větve stromů a keřů, ale většina do různých úkrytů, které vyhloubí – do půdy, pod kameny, pod kůru, do štěrbin dřeva, do květů a plodů rostlin apod., (Trautner et Geigenmüller, 1987). Podle způsobu kladení se i liší množství vajíček (Pokorný, 2002). Některé druhy je kladou jednotlivě, některé v malých skupinách. Celkový počet vajíček se podle druhu pohybuje přibližně od 20 do několika set (Hůrka et Čepická, 1978). Druhy kladoucí vajíčka volně jich nakladou podstatně více (Pokorný, 2002). Například rod *Carabus* klade 40 až 60 vajíček každých několik týdnů, vždy do díry v zemi, kterou si vyhloubí (Trautner et Geigenmüller, 1987).

Tvar vajíčka se liší podle taxonomické skupiny a velikost podle množství vajíček. Tvar bývá dlouze cylindrický nebo oválný. Největší vajíčka z našich zástupců mají druhy

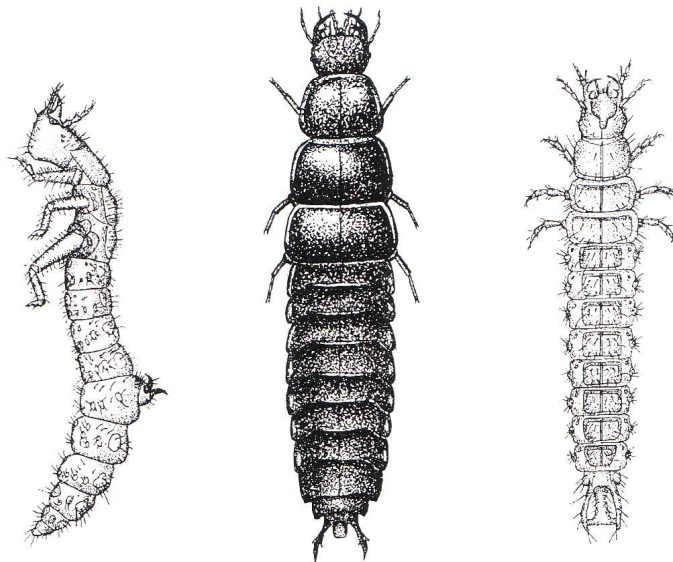
rodu *Carabus*, naopak nejmenší druhy rodu *Cymidid* a ektoparazitně se vyvíjející rody *Lebia* a *Brachinus* (Hůrka, 1996).

3.1.3.2 Larva

Larvy se líhnou po jednom nebo dvou týdnech po naklazení vajíček a často se zahrabou pod povrch půdy (Trautner et Geigenmüller, 1987). Malé larvičky přijímají potravu, rychle rostou a svlékají se. Během svleku jejich pokožka ztuhne, praskne a vyleze larva s novou kožkou (Pokorný, 2002). To probíhá třikrát během dvou měsíců, než se larva zakuklí (Trautner et Geigenmüller, 1987). Některé druhy (například z rodu *Harpalus* nebo *Amara*) mají často jen dvě stádia. Druhé nebo třetí stádium často prochází diapauzou (Lövei et Sunderland, 1996).

Larvy brouků se odlišují podle druhu. Od velmi pohyblivých larev hlavně dravců po larvy skoro nepohyblivé, beznohé. Larvy volně žijících střevlíkovitých jsou oligopodní (mají 3 páry hrudních nohou a nemají panožky) s prognátní hlavou (ústní ústrojí směřuje dopředu) a různě utvářenými přívěsky na 9. zadečkovém článku. Po stranách hlavy jsou čtyřčlávková tykadla. Třetí článek nese hrbolovitý přívěšek smyslové funkce. Za tykadly je umístěno 0-6 larválních oček (stemat). V ústním ústrojí chybí horní pysk. Kusadla jsou u predátorů štíhlá a dlouhá, u fytofágů robustnější a krátká. Poslední zadečkový článek je pozměněn. Je tubusovitý a někdy nese skupiny háčků. Larvě slouží jako opora při pohybu (Hůrka, 1996).

Obrázek 4: Příklady morfologie larev. Zdroj: Hůrka (1996).



3.1.3.3 Kukla

Stadium kukly je nehybné. Nepřijímá potravu a dochází v něm ke kompletní přestavbě těla z larvy na dospělce. U brouků je to tzv. kukla volná (*puppa libera*), na níž už jsou rozpoznatelné všechny základní tvary dospělce (nohy, tykadla, kusadla atd.) (Pokorný, 2002).

Kukla střevlíkovitých je nepigmentovaná a leží většinou v poloze na zádech. Na kukle je již možno rozeznat pohlaví podle utváření tzv. gonothek na posledních dvou člancích zadečku. Samičky mají dvě a samečci jednu nepárovou gonotheku (Hůrka, 1996).

Larva se zakuklí ve vyhloubené díře a zůstává tak po dobu dvou týdnů (Trautner et Geigenmüller, 1987).

3.1.3.4 Imago

Dospělci (imaga) jsou zpočátku bělavě žlutí, někdy načervenalí nebo světle hnědí a měkkí. Jejich tělo ztvrdne a získá příslušnou barvu až po několika dnech (Pokorný, 2002). Do té doby zůstávají v úkrytech, kde se vykuklili (Trautner et Geigenmüller, 1987). Délka života dospělce brouka je poměrně krátká. Samci hynou brzy po kopulaci, samice po vykladení vajíček. Střevlíci však přezimují a žijí ještě zjara následujícího roku (Pokorný, 2002). Někteří polní jedinci však žijí až 4 roky a opakovaně se rozmnožují. Jeskynní druhy mohou dosáhnout až 6,5 let. Obecně déle žijí větší druhy a druhy, které přes zimu přezimují (Lövei et Sunderland, 1996).

3.1.4 Výskyt

Střevlíkovití obývají různá stanoviště od mokřích, bažinatých nebo pobřežních až po suchá stepní a pouštní. Většinu z nich můžeme najít na povrchu půdy pod kameny nebo v hrabance. Žijí i na rostlinách, keřích a stromech. Například druh *Tachyta nana* žije pod kůrou a v hniјícím dřevě rod *Rhysodini*. Některé druhy vyžadují zastínění, jiné plné slunce otevřených biotopů. Známe i druhy jeskynní. Většina evropských druhů je však spíše vlhkomilných s noční aktivitou (Hůrka, 1996) a jejich tělo je přizpůsobeno k běhání, hrabání, šplhání a plavání (Lövei et Sunderland, 1996).

Hůrka et Čepická (1978) rozdělují druhy na tři skupiny dle jejich výskytu:

- **Geofilní** – Druhy, které žijí na povrchu nebo ve svrchních vrstvách půdy. Tato skupina je nejpočetnější.
- **Hydrofilní** – Střevlíci žijící na březích stojatých i tekoucích vod a v bažinách.
- **Arborikolní** – Druhy vyskytující se na kmenech a v korunách stromů a keřů.

Další zajímavé rozdělení druhů podle skupiny biotopů z hlediska výskytu ohrožených druhů a faktory, které je ohrožují, uvedl v Červené knize Kučera (2005):

- **V – vodní toky a nádrže** – Mezi střevlíky nejsou žádné vodní druhy, ale tato místa jsou pro ně významná. Některé druhy a jejich larvy jsou schopny lovit pod vodou (např. *Carabus variolosus* *Carabus clathratus*)
- **M – mokřady a pobřežní vegetace** – Některé druhy jsou striktně vázány na určité pobřežní rostliny. Střevlíci často žijí i na březích bez vegetace nebo v náplavovém písku. (např. rody *Nebria*, *Agonum*, *Badister*, *Bembidion*, *Blethisa*, *Chlaenius*, *Pterostichus*, *Trechus*, *Dyschirius*)
- **R – prameniště a rašeliniště** – Některé druhy jsou zcela vázané na rašeliniště, tzv. tyrfobionti (např. *Carabus menetriesii* nebo *Agonum ericeti*). Některé, tzv. tyrfofilní, rašeliniště pouze upřednostňují (např. *Bembidion humerale*).
- **S – skály, sutě a jeskyně** – Do této skupiny patří chladnomilné a alpské druhy (např. *Leistus montanus*, *Oreonebria sumavica*, *Pterostichus negligens*) i temnomilné druhy (např. *Laemostenus terricola*, *Sphodrus leucophtalmus*).
- **A – alpské bezlesí** – Tyto druhy jsou často ohroženy antropogenní činností jako je výstavba rekreačních zařízení, doprava apod.). Patří sem např. některé ruhy z rodů *Amara*, *Bembidion*, *Leistus* nebo *Nebria*.
- **T – sekundární trávníky a vřesoviště** – Velký počet druhů se nachází právě v této skupině a zarůstání trávníků a slanišť je hlavní příčinou jejich vyhynutí. Například larvy druhů rodu *Dyschirius* jsou zcela závislé na tomto biotopu, protože se živí jen určitými drabčíky, vyskytujícími se pouze zde.
- **L – lesy** – Do této skupiny patří značný počet střevlíků. (Např. druhy rodů *Carabus*, *Calosoma*, *Badister*, *Platynus*, *Pterostichus*, *Rhysoides*, *Trechus*, *Abax*, *Harpalus*, *Leistus*)
- **X – biotopy ovlivněné nebo vytvořené člověkem – aleje** – Sem patří typické tři druhy alejí – *Dromius angustus*, *Dromius quadraticollis* a *Philorhizus quadrisignatus*).

Jeskynní a podzemní specialisté

Tato skupinazaslужuje zvláštní zmínku, protože u jeskynních a podzemních druhů se vyvinuly různé morfologicky specifické znaky. Podzemní druhy patří do rodů *Scaratinae* a *Harpalinae*, ale schopnosti hrabat jsou známé u mnoha dalších druhů bez žádných speciálních adaptací. Jejich holeně jsou zvětšené a trnité a také zvětšená hlava je důležitá pro hrabání. Finální podoba tunelu je právě modelovaná pomocí hlavy a předohrudí. Podobné zvětšení hlavy lze nalézt i u hrabavých druhů rodů *Harpalinae*, jako *Ditomus* a *Acinopus*, ale zvětšení holení není tak viditelné.

Rody *Trechnini*, některé z rodu *Pterostichinae*, *Bembidiini* a *Scaritinae* jsou přizpůsobeni k životu ve velmi malých a úzkých štěrbinách v zemi, v norách ostatních zvířat. Mnoho těchto druhů je depigmentovaných a má redukované nebo úplně vymizelé oči a prodloužené chloupky (Trautner et Geigenmüller, 1987).

V ČR některé druhy obývají podzemní prostory pravidelně, jako například *Laemostenes terricola*, *Trechus austriacus* nebo *Trechoblemus micros*. Ty by se mohly řadit do typické fauny sklepů. Většina ostatních druhů se ve sklepech vyskytuje, protože prostředí souhlasí s jejich ekologickými nároky. To znamená, že například lesní druhy se vyskytují ve

sklepích objektů v lesích apod. Druhy líhnoucí se na podzim přezimují a někdy k tomu právě využívají sklepní prostory. Jedná se především o zástupce rodu *Carabus* (Dvořák, 2002).

3.1.5 Potrava

Většina střevlíkovitých jsou spíše nespecializovaní masožravci, kteří loví potravu aktivně nebo vyhledávají uhynulé bezobratlé i obratlovce, nebo jsou částečnými býložravci (Hůrka, 1996). Existují však i druhy, které jsou čistě býložravé nebo specializovaní masožravci. Larvy jsou většinou alespoň částečně masožravé a čistě býložravé larvy jsou u střevlíkovitých spíše výjimkou (Trautner et Geigenmüller, 1987). Většina žije skrytým způsobem života zahrabaná v zemi, hrabance, listí nebo i na stromech (Luff, 1993).

Některé druhy jsou i všežravé s převahou rostlinné složky (*Amara*, *Harpalus*) a jsou známi i výslovní býložravci. Mezi býložravce patří druhy podčeledi *Harpalinae*, střevlíkovití z rodů *Zabrus*, *Amara* a *Ophonus* (Hůrka, 1996). Ty se živí semeny převážně trav, miříkovitých a brukvovitých (Trautner et Geigenmüller, 1987).

Střevlík *Zabrus tenebrioides* (hrbáč osenní) se živí různými obilovinami jako jsou pšenice, žito a ječmen. Jejich larvy vrtají tunely do hloubky až 40 cm, do kterých trhají listy a stonky rostlin, kterými se živí. Dospělci preferují zralá semena.

Několik druhů rodu *Harpalus*, speciálně z podrodu *Ophonus* a *Metoponus* je často nacházeno na miříkovitých rostlinách. Larvy některých těchto druhů jsou čistě býložravé.

Samice rodu *Carterus* sbírají semena mrkve a umísťují je do tzv. porodní místnosti s vajíčky (Brandmayr and Brandmayr 1974).

U masožravých střevlíků je potravní specializace velmi vzácná. Pokud se objevuje, tak není podmíněna geneticky, ale faktory prostředí, ve kterém se daný druh pohybuje. Například druh *Eurynebria complanata* žijící na březích Středozemního moře je skoro úplně specializovaný na malé korýše *Talitrus saltator* a *Talorchestia brito*, kteří jsou oba v tomto prostředí dominantní druhy. Při laboratorních testech (Rudolph, 1970) však tyto druhy byly úspěšně krmeny různými druhy hmyzu i masem (Trautner et Geigenmüller, 1987).

Někteří potravní specialisté jsou vázáni např. na larvy motýlů (*Calosoma*), chvostoskoky (*Leistus*, *Loricera*, *Notiophilus*), plicnaté plže (*Cychrus*, *Licinus*), larvy a imaga drabčů (někteří *Dyschirius*) nebo žížaly (někteří z rodu *Carabus*). Některé druhy rodu *Bembidion* a druh *Anchomenus dorsalis* jsou predátory mšic (Hůrka, 1996).

Velmi zajímavé jsou specializované druhy rodu *Cychrus*, které se zaměřují na lov hlemýžďů, a to i v laboratorních podmínkách (Thiele, 1977). Prodloužený tvar hlavy, dlouhé mandibuly a úzká předohruď jim umožňuje vniknout hluboko do ulity. Schopnost silného ohybu mezi hlavou, předohrudí a krovkami jim umožňuje vysokou pohyblivost. Krumbiegel (1960) pojmenoval tuto kombinaci charakteristik jako „Cychrizace“ a můžeme jí nalézt i u jiných druhů střevlíkovitých. Larvy tohoto rodu jsou také specializovaní lovci hlemýžďů. Druhy rodu *Cychrus* kromě hlemýžďů loví také slimáky (Thiele, 1977; Trautner et Geigenmüller, 1987).

I když střevlíkovití dokážou vnímat svou kořist opticky, je to pro ně ve srovnání s jinými druhy méně důležité a rozhoduje spíše hmat a čich. Bauer v roce 1982 pomocí vysokorychlostního snímání zjistil, že po olfaktorickém a hmatovém hledání se brouk rychle

přiblíží ke kořisti (v tomto případě chvostoskoka) a jakmile ho má pod hlavou, tykadly obklopí kořist a spojením se štětinami na hlavě vytvoří jakousi klec. Poté jí hlavou přimáčkne dolů a zachytí kořist čelistmi (Trautner et Geigenmüller, 1987).

Opakovanou připomínku zaslouží i specializované a ohrožené parazitické druhy. Larvy rodu *Lebia* jsou ektoparazité a vyvíjejí se na larvách a kuklách různých mandelinkovitých (Hůrka, 1996).

3.1.6 Obrana

Střevlíci jsou ozbrojeni různými obrannými látkami, které jsou vypouštěny z análních žláz.

Nejpozoruhodnější mechanismus se vyvinul u brouka prskavce (rod *Brachinus*). Jejich žlázy produkují směs hydrochinonu a peroxidu vodíku která se hromadí v zásobníku. Pokud je prskavec vyrušen, směs uvolňuje do takzvané reakční komory. Tam speciální enzymy započnou chemickou reakci vedoucí až k teplotě směsi 100 °C a tvorbě volného kyslíku a chinonu. S prasnutím jsou žluté nebo fialové horké chinonové substance vystřikovány pomocí tlaku plynného kyslíku (Trautner et Geigenmüller, 1987).

3.1.7 Význam

Střevlíkovití jsou v přírodě významní predátoři ostatních bezobratlých, a to hlavně členovců a měkkýšů a tím hrají v antropocenezách, kde se procentuálně nejvíce uplatňují, roli entomofágů označovanou jako „natural control“. Zde i v přirozených biocenezách se díky své diverzitě i abundanci (hojnosti) významně uplatňují při udržování rovnováhy v koloběhu látek a energie. Rovněž z tohoto důvodu často slouží jako modelová skupina pro nejrůznější studie, především ekologické (Hůrka, 1996).

Střevlíkovití citlivě reagují na různé toxické látky jako jsou například insekticidy nebo herbicidy, které jsou vypuštěny do přírody v souvislosti s bojem se škodlivými organismy, vliv může mít též nadměrné používání hnojiv. V této souvislosti prakticky vymizel z našich obilných polí jediný závažněji škodlivý střevlík našich teplejších oblastí hrbáč osenní (*Zabrus tenebrioides*). Mnozí střevlíkovití jsou citliví rovněž na změnu pH a především vlhkosti, proto mohou sloužit též jako bioindikátoři změn (Hůrka, 1996).

3.1.7.1 Střevlíci jako bioindikátoři

Bioindikátoři se používají pro monitoring a detekci změn v prostředí. Lze je volně definovat jako druh nebo skupinu druhů, která odráží biotický a abiotický stav prostředí a reprezentuje dopad změny prostředí na stanoviště, komunitu nebo ekosystém. Použitím bioindikátorů je možné posoudit dopad lidské činnosti na biotu místo zkoumání celé bioty. Užití bioindikátorů je také dobrým způsobem, jak sledovat účinky toxických látek na organismy (Rainio et Niemelä, 2003; Avgin et Luff, 2010). Hmyz a členovci obecně jsou velmi užiteční jako indikátoři antropogenních aktivit, protože přicházejí úzce do kontaktu s

toxiny v půdě i rostlinách a mají krátké generační cykly, které jim umožňují relativně rychle na změny reagovat. Používání jsou především brouci, kteří jsou dostatečně citliví a zároveň mají vypracované nějaké standardy hodnocení (Ghannem et Touaylia, 2018).

Dobrý bioindikátor by měl mít dobře známou taxonomii a ekologii, měl by být rozšířen v široké zeměpisné oblasti, měl by mít specializaci na určité parametry daného stanoviště, poskytovat včasné varování před změnami, být snadno dostupný a efektivní při výzkumu, být relativně nezávislý na velikosti vzorku, jeho reakce by měla odrážet reakci ostatních druhů a měl by být schopen rozlišovat mezi přírodními cykly a trendy, které jsou vyvolávány antropogenním stresem. Vzhledem k širokému rozsahu požadovaných charakteristik je obtížně najít druhy nebo skupiny druhů, které by najednou měly všechny tyto vlastnosti. Různé druhy mají odlišné ekologické požadavky, proto jsou některé lepšími indikátory než jiné. Některé druhy se vyskytují v široké škále stanovišť, jiné jsou specializovanější a vyžadují určité vlastnosti stanoviště. Tyto specializované druhy jsou pak obvykle citlivější na faktory prostředí (Rainio et Niemelä, 2003).

Lindenmayer et al. (2000) shrnul charakteristiky vhodného bioindikátora do sedmi bodů:

1. Druh, který upozorňuje na přítomnost dalších druhů a jejich nepřítomnost, pokud chybí.
2. Druh, jehož přidání nebo ztráta v ekosystému vede k hlavním změnám v množství nebo výskytu dalšího alespoň jednoho druhu.
3. Druh, jehož přítomnost nebo nepřítomnost ukazuje na člověkem vytvořené podmínky, jako například znečištění vody nebo vzduchu.
4. Dominantní druh, který poskytuje velké množství jedinců v dané oblasti.
5. Druh ukazující specifické podmínky (např. druhy žijící jen na skalách)
6. Citlivý druh, který může sloužit jako včasné varování v případě změn prostředí.
7. Druh, který odráží narušení prostředí a snaží se ho zmírnit.

Při výběru druhu jako indikátorů je třeba vzít v úvahu výše uvedené problémy. Důležitý je také výběr správné prostorové a časové škály pro studium. Důvodem je to, že některé druhy jsou rozloženy rovnoměrněji a jiné náhodněji. Větší velikost oblasti průzkumu zvyšuje pravděpodobnost k nalezení náhodně rozložených druhů. Dále je třeba vzít v úvahu časovou škálu. U mnoha druhů se aktivita a hojnost v průběhu roku mění. Například některé druhy jsou hojné na jaře, jiné na podzim. Toto může mít velký dopad na výsledky, pokud bude studován jen krátký časový úsek (Rainio et Niemelä, 2003).

Střevlíkovití jsou úspěšně používáni jako indikátoři v mnoha odlišných studiích. Ve střední Evropě se střevlíkovití k bioindikaci začali využívat již od padesátých let minulého století (Farkač et al, 2006).

Většina studií se soustřeďovala na odpověď organismů na změnu životního prostředí, fragmentaci lesa nebo dopad insekticidů na prostředí (Rainio et Niemelä, 2003). Výhodou využití střevlíkovitých je dobře zpracovaná metodika sběru a determinace, bohaté sbírky i velký počet druhů (Hůrka et al., 1996). Další výhodou jsou jejich specifické vlastnosti – absence funkčních křídel, velikost těla a striktně masožravý způsob života. Kvůli neschopnosti létat mohou některé druhy kolonizovat nové oblasti pouze chůzí, což znamená,

že jsou špatně zastoupeni ve fragmentovaných a degradovaných krajinách. Velikost těla může ovlivňovat délku vývoje. Větší druhy mají obvykle delší larvální stadium a protože musí přežít více sezón, je větší pravděpodobnost, že budou více negativně ovlivněny antropogenní činností. Predátoři jsou navíc citlivější na zjednodušení krajiny více než všežravci a býložravci, proto je jejich podíl na stanovištích s vyšší antropogenní činností nižší (Gobbi et Fontaneto, 2008).

3.1.7.2 Rozdělení střevlíkovitých do skupin podle ekologické valence

Podle Hůrky et al. (1996) rozlišujeme naše střevlíkovité do tří základních skupin podle šíře jejich ekologické valence (vyjádření schopnosti organismů snášet určitý faktor prostředí) a vázanosti k biotopu. Toto rozdělení se využívá při hodnocení terénních výzkumů životního prostředí (Vaněk, 2005).

Skupina R (Reliktní)

- Do této skupiny patří druhy s neuzší ekologickou valencí. Jedná se většinou o vzácné a ohrožené druhy přirozených a nepříliš poškozených stanovišť, jako druhy sutin, skalních stepí, stepí, vřesovišť, klimaxových lesů, pramenišť, bažin a močálů, přirozených břehů vod a niv. Změny takových stanovišť v první řadě vedou k vyhynutí těchto druhů.

Skupina A (Adaptibilní)

- K této skupině patří adaptabilnější druhy, které osidlují přirozené nebo přirozenému stavu blízké habitaty. Vyskytují se i na druhotných biotopech, většinou v blízkosti původních ploch. Zahrnuje druhy lesních porostů, pobřežní druhy stojatých i tekoucích vod, druhy lučin, pastvin a podobných travních porostů.

Skupina E (Eurytopní)

- Tuto skupinu tvoří druhy, které často nemají žádné zvláštní nároky na charakter a kvalitu prostředí, druhy nestabilních a měnících se habitatů a druhy, které obývají silně antropogenně ovlivněnou krajinu. Zahrnuje i expanzivní druhy.

(Hůrka et al., 1996)

3.1.8 Ochrana přírody

Ztráta přirozeného prostředí, používání biocidů v zemědělství a odlesňování způsobuje drastickou redukci biodiverzity na globální úrovni. Ochrana přírody bohužel v mnoha částech Evropy nedosahuje takové důležitosti jako ve střední Evropě.

Vlastní ochrana přírody může být chápána jako etická záležitost a také jako snaha uchování kvality našeho života a zdrojů. Vyhynutí jakéhokoliv druhu je považováno za přímou ztrátu nebo za známku ochuzení životního prostředí a narušení přirozené rovnováhy. V zásadě rozlišujeme ochranu území, která chrání ohrožená stanoviště či stanoviště vzácných druhů a ochranu individuální, která chrání jedince druhů. Pouhá ochrana druhů má alespoň u

hmyzu malý význam, protože zde ztráta měkolika jednotlivců podstatným způsobem nenaruší populaci. Naopak poškození stanoviště vede spolehlivě k vyhynutí.

Vážná práce s hmyzem nemůže být možná bez vytváření sbírek. Pouze dobře informovaný sběratel může poznat, jestli vůbec a kolik druhů je třeba ve sbírce a zda jde o druh ohrožený a případně i chráněný. Ochrana zákonem je nezbytná pro mnoho ohrožených druhů, speciálně pokud jsou atraktivní pro veřejnost díky své velikosti nebo barvě, nebo pokud je jednoduché je chytat ve velkých počtech pomocí speciálních metod nebo pokud se jedná o živočichy jejichž populace je v rámci regionu individuálně spočitatelná (Trautner et Geigenmüller, 1987).

Náš zákon (114/1992 Sb. o Ochráně přírody a krajiny) rozlišuje v případě zvláště chráněných druhů kategorie: kriticky ohrožený, silně ohrožený a ohrožený druh (Pokorný, 2002).

Kučera (2008) v Červené knize uvádí hlavní faktory ohrožení střevlíkovitých:

- Přímá likvidace, poškozování a změna stanovišť:
 - odlesňování
 - nahrazení přirozených lesů lesy na hospodářské účely
 - kácení starých stromů v alejích a stromořadí
 - výstavba, a tím i likvidace biotopů
 - vysoušení mokřadů
 - zarůstání luk a lesostepí
 - nadměrné hnojení a tím spojená eutrofizace
 - okyselování půd z průmyslové výroby a automobilové dopravy
- Globální civilizační zátěž životního prostředí:
 - změny půdních vlastností (eutrofizace, okyselování, rozšiřování znečišťujících látek)
 - změny klimatu

Červený seznam

Červené seznamy zahrnují podstatně větší množství druhů než seznam oficiálně chráněných, protože jsou v něm obsaženy i druhy obtížně odlišitelné nebo hůře využitelné jako deštníkovité apod. Červený seznam obsahuje tyto základní kategorie taxonů:

- **vyhynulý (EX)** – taxon vyhubený, pokud neexistují žádné pochybnosti, že uhynul poslední jedinec;
- **vyhynulý v přírodě (EW)** – druh existuje v kultuře, v zajetí nebo jako vysazená populace mimo svůj původní areál;
- **kriticky ohrožený (CR)** – druh, který čelí krajně velkému nebezpečí vyhubení ve volné přírodě;
- **ohrožený (EN)** – druh má vysokou pravděpodobnost vyhynutí v blízké budoucnosti ve volné přírodě a může se stát kriticky ohroženým;
- **zranitelný (VU)** – druh, který má vysokou pravděpodobnost vyhynutí ve volné přírodě, ve střednědobé budoucnosti a může se stát ohroženým;

- **téměř ohrožený (NT)** – druh je blízko kategorie „zranitelný“, téměř splňuje příslušná kritéria nebo je pravděpodobně v blízké budoucnosti splní;
- **málo dotčený (LC)** – druh není považován za ohrožený, ani za potencionálně ohrožený;
- **taxon, o němž nejsou dostatečné informace (DD)** – pro stanovení stupně ohrožení daného druhu neexistují adekvátní informace, v mnoha případech nebyl druh spatřen po mnoho let či desetiletí, neboť se ho nikdo nesnažil najít;
- **nevyhodnocený (NE)** – druh ještě nebyl ohodnocen z hlediska své ohroženosti.

Vedle mezinárodních červených seznamů a knih vycházejí rovněž červené seznamy a červené knihy na státní či regionální úrovni (pro území ČR např. Farkač et al., 2005; Hejda et al. 2017).

3.1.9 Metody sběru

Metody sběru střevlíkovitých jsou v podstatě stejné jako metody sběru jiných obdobně žijících brouků. Kromě individuálního sběru můžeme použít i sběr pomocí zemních pastí, prosevem listů a hrabanky, sběr na rostlinách pomocí smýkání nebo sklepáváním i sběr na světlo. Pasti je možno použít s návnadou i bez návnady (Pokorný, 2002).

Pokud sbíráme střevlíky individuálně, měli bychom si dávat pozor na kousnutí, bývá nepříjemné. Velké brouky vždy chytáme dvěma prsty za hlavou za štít, neboť tak kousnutí nehrozí. Dále je u rodu *Carabus* třeba dávat pozor na to, že v nebezpečí vypouštějí nepříjemně páchnoucí látku, která silně pálí, pokud se dostane do očí. Menší brouky sbíráme speciální pinzetou či exhaustorem, větší můžeme rovněž do pinzety, pokud se je bojíme vzít do ruky (Pokorný, 2002).

Další metodou sběru je tzv. smýkání. K tomu se používá smýkácí síť, kterou se pohybuje po vrcholcích rostlin. Tlak vzduchu vhání vzlétající a na rostlinách sedící brouky do sítě, ze které pak vyjmeme jen ty druhy brouků, které nás zajímají (Pokorný, 2002). K přebírání nasmykaného materiálu lze s výhodou použít fotoeklektoru, což je zařízení, které využívá únikové realce hmyzu za světlem.

Jiný způsob sběru je tzv. prosévání. Prosévá se drť z dutin stromů, seno z krtčích hradů, náplavy apod. Prosetý materiál je vhodné umístit do Tulgrenova aparátu. To je komora, která má ve dně otvor, pod který se postaví nálevka a nádoba s navlhčenou vatou apod. Jak prosev postupně vysychá, hmyz hledá vlhčí prostředí a padá do připravené nádoby (Pokorný, 2002). Většinu střevlíkovitých brouků však charakterizuje pohyblivost, díky které lze z prosevu vybírat i bez užití přístroje.

Jako zemní pasti slouží sklenice s nastraženými návnadami, zakopané po hrdlo do země a přikryté větším kamenem, kůrou apod. Jako návnada se do sklenice dává maso, kus sýru, nebo salámu. Brouci jsou přiváběni vůni návnady a padají do připravených pastí (Pokorný, 2002). Tyto pasti jsou nejčastěji používanou metodou pro studování střevlíkovitých. Jsou vhodné na výzkumy v určitých komunitách, jako je přítomnost druhů. Touto metodou se dají zkoumat pouze dospělci, ne larvy (Lövei et Sunderland, 1996; McCravy et Willand, 2007).

Při dlouhodobějších intervalech vybírání pastí je nutné použít konzervační tekutinu, která umožní preparaci nasbíraného materiálu. Nejčastěji se používá ethylenglykol a různé látky s kyselinou octovou. Nasbíraný materiál se smrtí v dobře těsnících lahvích (smrtičkách), většinou umělohmotných nebo někdy skleněných, naplněných do poloviny hrubými pilinami (Hůrka, 1996) nebo nastříhanými kousky savého papíru (Pokorný, 2002). Ty jsou většinou napuštěné několika kapkami octanu ethylnatého (ethylesteru kyseliny octové)(Hůrka, 1996). To je rychle působící chemikálie, která chyceného brouka uspí a postupně bezbolestně usmrtí. Obsah smrtičky je jen navlhčený, aby se látka odpařovala, ne aby se brouk utopil (Pokorný, 2002).

3.1.10 Preparace

Mrtvé brouky očistíme štětečkem od hrubých nečistot. Větší druhy (obvykle nad 1 cm) napichujeme na speciální entomologické špendlíky. Vpich se provádí na pravé krovce ve vzdálenosti asi jedné třetiny od štítu. Preparace se provádí na měkkých médiích jako jsou destičky z lisované rašeliny (používané ve sbírkových krabicích), korek nebo polystyren (Pokorný, 2002). Preparace probíhá nejlépe nedlouho po usmrcení, dokud brouci nejsou zcela usušení a křehcí (Schworbel, 1994).

Vlastní preparace probíhá tak, že nohy a tykadla srovnáme podle těla co nejpřirozeněji (první pár nohou směřuje dopředu, druhý a třetí dozadu), aby byly co nejvíce kryty a nehrozilo jim ulomení, ale aby na ně bylo vidět, protože nesou řadu určovacích znaků. Menší brouky nalepujeme na štítky tvrdšího papíru. Nohy a tykadla se upraví do přirozené polohy, aby nepřesahovaly štítek a nehrozilo tak ulomení. Při lepení se používá lepidlo, které umožní nalepeného brouka zase bez poškození odlepit a tím, aby byla stále možnost brouka znovu ho prohlédnout zespodu (Pokorný, 2002). Lepidlo se nanáší v místě, kde bude zadohrudí nebo zadeček. Po zaschnutí se štítek s broukem napíchne na špendlík v místě za zadečkem a po doplnění lokálního štítku se umístí do sbírky (Javorek, 1968). Pokud již víme, o jaký druh jde, můžeme připojit i determinační lístek. Lokální štítek obsahuje údaje kde byl brouk chycen, datum chycení a kdo jej chytil. Na determinačním lístku je latinský název brouka, popřípadě jméno odborníka, který jej určil (Pokorný, 2002).

Vypreparované brouky zásadně ukládáme do sbírkových krabic. Ty by měly být dobře zabezpečené, protože je třeba sbírku chránit před prachem a především škůdci, jako jsou brouci rušník musejní, vrtavec bylinářský, kožojed, kožešinožrout obecný a někteří roztoči. Napadenou sbírku poznáme podle hromádek práškového trusu a ztrátou lesku brouků. Proto se také do sbírkových krabic přidávají různé chemické prostředky proti hmyzu. Do krabic brouky umísťujeme podle čeledí, případně podle rodů, od každého druhu několik jedinců a to nejlépe z různých lokalit (Pokorný, 2002). Počet jedinců bývá ovlivněn zaměřením sběratele.

U mnoha skupin se neobejdeme bez preparace vnějších pohlavních orgánů obou pohlaví. Někdy je k bezpečnému určení nutné zkoumat i vnitřní struktury genitálií, zvláště samčích. V tom případě je vhodné je zvlášť vypreparovat a poté zkoumat v optickém mikroskopu (Hůrka, 1996).

3.1.11 Určování

K určování brouků slouží určovací klíče, podle nichž se postupně dostáváme od čeledě k rodu a poté od rodu ke druhu (Pokorný, 2002). Je třeba dobře znát jednotlivé části těla (Javorek, 1968). Nezáleží jen na velikosti a barvě, ale také například na tvaru drápku na nohou, počtu štětín nebo zbarvení článků na tykadlech a dalších speciálních morfologických znacích (Pokorný, 2002). K určování střevlíkovitých brouků jsou v češtině k dispozici dva velmi dobré klíče: Kult (1947) a Hůrka (1996).

3.2 Těžba uhlí

3.2.1 Popis uhlí

V současné době se energie vyrábí především z neobnovitelných zdrojů, protože ty obnovitelné zatím nemohou pokrýt celkovou spotřebu lidstva. Základní energetickou surovinou v České republice je uhlí (Bejček et al., 2003).

Historie vzniku uhlí sahá až do druhohor, konkrétně do období karbonu, před 360 – 286 miliony let. V tomto období se střídala období vlhka a sucha. Nejprve byly porosty zničené záplavami, poté v období sucha na trouchnivějších zbytcích vyrůstala nová vegetace, kterou později zničily další záplavy. Takto se na sebe nánosy postupně vrstvy a spodní masa se pod stlačením bez přístupu kyslíku začala měnit. Nejprve se změnila na rašelinu, později během dalších tisíciletí se za přítomnosti vrstev písku a jílu začalo vytvářet hnědé uhlí, které ještě později začalo dozrávat v uhlí černé (Hykyšová, 2008).

Uhlí se skládá z uhlíku (C), vodíku (H), kyslíku (O) a malého procenta dusíku (N), síry (S), radioaktivních příměsí jako je uran (U) nebo thorium (Th), minerální hmoty (křemen, jíly, karbonáty, pyrit) a vody (Hykyšová, 2008).

Uhlí se klasifikuje podle obsahu uhlíku (tzv. prouhelnění) vzestupně na:

- lignit (měkká forma) – nejmladší hnědé uhlí a nejméně kvalitní uhlí
- hnědé uhlí (60 – 75 % uhlíku) – mladší a méně kvalitní druh uhlí. Dále se dělí na měkké a tvrdé, a ty se dělí na matné a lesklé
- hnědo-černé uhlí (přechodový typ)
- černé uhlí (75 – 90 % uhlíku) – má několi stupňů prouhelnění
- antracit (90 – 97 % uhlíku) – nejtmaší, nejkvalitnější

(Biagini, 2016; Hykyšová, 2008)

3.2.2 Způsoby těžby

Způsob těžby se mění podle charakteristiky uhlí. Hnědé uhlí například v Severočeské hnědouhelné pánvi je uloženo v menších hloubkách než černé uhlí na Ostravsku, které se musí dobývat hlubinně (Hykyšová, 2008).

Hnědé uhlí a lignit se tedy dobývá povrchově lomovým způsobem. Tato těžba je podstatně levnější a dá se tak vytěžit téměř 100 % zásob. Vlastní těžba probíhá tak, že se nejprve odstraní veškeré nadložní horniny, které se umístí někde poblíž na tzv. výsypky.

Skrývka se provádí rýpadly (různé druhy – lopatové, kolesové, korečkové). Pro dopravu horniny se používají široké pásové dopravníky, které jsou často dlouhé i několik kilometrů. Vytěžené uhlí je pak odváženo velkokapacitními nákladními automobily nebo železničními vagóny. Kvůli velkému množství přemísťované zeminy pak oblast získává vzhled měsíční krajiny (Hykyšová, 2008).

Naproti tomu hlubinný způsob těžby tolik nedevastuje okolní krajinu. Provádí se vybudováním šachet (svislé chodby) a systému štol (vodorovné chodby). Vlastní těžby probíhá ve štolách. Celou sloj (ložisko užitkového nerostu) vyrubat nelze, protože se musí nechávat ochranné pilíře podpírající nadložní hmotu, aby nedošlo k závalu (Hykyšová, 2008). Výtěžnost zde je velmi nespécifická, Pešek et al. (2010) uvádí 10 – 90 %.

3.2.2.1 Lomová těžba

Způsob těžby lze rozdělit na diskontinuální a kontinuální (Pešek et al., 2010). V minulosti se těžilo asi do hloubky 10 metrů, po zavedení rýpadel roku 1910 je možno těžit až 35 metrů pod povrchem. Do 2. světové války se používala rýpadla parní a probíhala technologie tzv. diskontinuální těžby, kdy se vytěžený materiál odvážel po kolejkách. Poté se přešlo na kontinuální technologii s kolesovými a korečkovými rýpadly, pásové dopravy a zakladače, které dohromady tvoří technologický celek (Pešek et al., 2010).

3.2.2.2 Překážky v těžbě

Při povrchové těžbě je složité a nákladné odvodňování lomu a jeho předpolí, protože toto místo je v širém okolí nejhlubším bodem, ukládají se zde povrchové i podzemní vody. Aby bylo možné vůbec pracovat, musí se voda odvádět pryč (Luxa et al., 2002).

Někdy se může objevit velmi tvrdé nadloží, skoro až jako skála. Toto pak může způsobovat poruchy strojů. Kvůli těmto problémům se často volí i použití trhavin (Luxa et al., 2002).

3.2.2.3 Používané stroje

K těžbě se používá různá technologie rýpadel:

- Lopatové – Jsou to samohybné stroje pracující pomocí lopaty a nejčastěji pohybující se na pásovém podvozku. V uhelných lomech zastávají spíše pomocnou funkci, většinou v prostředí s nízkou únosností podloží.
- Kolesové – Základem je koleso, které má po svém obvodu tzv. korečky, což jsou ozubené kapsy. Celý stroj se skládá z podvozku, pojezdového zařízení, výložníku s kolesem a pásového dopravníku.
- Korečkové – Korečky jsou umístěné na řetězu, který probíhá po nosníku na výložníku. Podvozek bývá pásový, kolejový i kráčivý.

Můžou se objevit i kombinace těchto typů. Rýpadla bývají často poháněna elektromotory.

Zakladače – Součástí je zakládací výložník, který může být dlouhý až 80 metrů. Zemina k uložení se k zakladači dopravuje pomocí pásové dopravy nebo místními vlakovými soupravami. Pásový systém slouží k nepřetržité dopravě. Železniční soupravy se používají spíše v dolech.

Podobné stroje jsou nakladače. Rozdíl je v tom, že mají navíc ještě nabírací zařízení jako najdeme u rypadel.

Další stroje pohybující se v dole jsou stroje na zakládání výsypek, skrývkové mosty a výsypkové pluhy (Hykyšová, 2008).

3.2.3 Vlivy těžby na prostředí

Povrchová těžba hnědého uhlí se významně podílí na ekonomickém rozvoji severozápadních Čech, ale její průběh není možný bez prvotních negativních dopadů na životní prostředí. Změny v krajině jsou velmi výrazné a v některých místech vedou i k celkové devastaci (Bejček et al., 2003).

Při lomové těžbě dochází k velkému záboru půd tím, že se znehodnocují zemědělské i lesnické půdy. Těžená oblast má tendenci stahovat vodu z okolí a vznikají důlní vody, které je pak nutné odčerpávat. Tímto dochází k narušení povrchové vodní sítě a k poklesu hladiny podzemní vody a to má za následek narušenou vodní rovnováhu, na které jsou závislí živočichové, rostliny i lidé (Hykyšová, 2008). Těžba tedy vede k erozi půdy, ztrátě biodiverzity a kontaminaci podzemních vod (Šourková et al, 2005; Dontala et al. 2015). Lomy také vytvářejí nepřirozená údolí a kopce a jejich hmota dlouhodobě sesedá. To má za následek nestabilitu na mnoha místech, která zabraňuje výstavbě větších staveb i na řadu let (Bejček et al., 2003). Proto je v případě rozšiřování těžby provádět posuzování vlivů na životní prostředí.

3.2.3.1 EIA (Environmental Impact Assessment)

Posuzování vlivu na životní prostředí je dáno zákonem. Posuzují se přímé i nepřímé vlivy hornické činnosti a jejich důsledky jako vlivy na životní prostředí, hmotný majetek a kulturní památky a sociálně-ekonomické vlivy. Proces posuzování známý jako EIA (Environmental Impact Assessment) se vztahuje jak na čistě těžařské aktivity, tak i na vybrané aktivity závěrečných fází jako je likvidace, sanace a rekultivace (Říha, 2001).

3.2.3.2 Nejvýznamější vlivy těžební činnosti

Zvýšená prašnost nepříznivě ovlivňuje kvalitu ovzduší. Výrazně zvýšená koncentrace prachových částic nastává při rychlosti větru vyšší než 11 m/s (Říha et al., 2005). Pro zlepšení ovzduší se provádí opatření vedoucí k co nejmenší prašnosti jako jsou bezprašné cesty nebo průmyslové vysavače. Při těžbě by měl být také co nejmenší obsah plynných zplodin znečišťujících atmosféru (Jarolimova et al., 2015).

Rozsah těžařských aktivit a použítá technologie má vliv na úroveň hluku. Největší příspěvek zvýšené hladiny hluku nastává už ve fázi průzkumu a poté při výstavbě lomu. Tato zátěž je ale pouze dočasná (Říha et al., 2005). Hluk je možno snižovat různými technickými opatřeními jako je budování protihlukových ochranných valů nebo lesních pásů. Valy z

navržené zeminy osázené stromy nebo široké pásy vysázených rychle rostoucích stromů (např. topolů) pohlcují hluk a také pomáhají zachytávat prachové částice z ovzduší (Jarolimova et al., 2015).

K nejzranitelnějším a také nejvíce ovlivněným složkám životního prostředí patří voda. Při těžbě surovin je ochrana vod velmi náročná, stejně jako jejich sanace. Okysličené povrchové i podzemní vody prosakují do dolu a urychlují zvětrávání. Důlní vody se tak stávají kyselými, síranovými a dosti mineralizovanými, a to hlavně železem (Říha et al., 2005). Základním opatřením je úprava povrchových vod. Úprava důlních vod se provádí v usazovacích jímkách a v čistírnách důlních vod. Tyto vody do dolu vtékají z okolí a jsou odváděny čerpáním (Bejček et al., 2003).

Mezi typické důsledky těžby patří nedostatečně zajištěná a stará důlní hornina, která narušuje stabilitu povrchu. Horninové prostředí také bývá kontaminováno nejružnějšími emisemi (Říha et al., 2005). Snižuje se obsah živin (nejvíce dusíku) a zvyšuje se kyselost půdy. Dochází ke znečišťování těžkými kovy a vázání fosforu (Bradshaw et Hüttl, 2001).

Hornická činnost významně ovlivňuje faunu, floru a celý ekosystém, a to již ve svých primárních fázích. Došlo k narušení nebo omezení ekosystémů a někdy i chráněných území a to vedlo k redukci populace stávajících druhů organismů, ale naopak i k objevení nových druhů. Na mnoha místech začala vznikat nová přirozená stanoviště. Pokud mají rozsah alespoň několika hektarů a nebyla osázená monokuturními lesy, mění se přirozenou sukcesí v biologicky cenná refugia rostlin i živočichů (Říha et al., 2005).

V této souvislosti roste význam provádění rekultivací, kterými se krajina postupně vrací k zemědělskému, lesnímu, vodohospodářskému nebo rekreačnímu využití (Císař et al., 1987). Tato činnost by ale měla být organizována tak, aby nebylo výsledkem jen ozelenění nebo tvorba půdy, ale vznik nových ekosystémů a obnova celé krajiny (Bradshaw et Hüttl, 2001).

3.2.4 Výsypky

Výsypky jsou většinou rozsáhlé útvary vzniklé nasypáním nadložního materiálu z lomové těžby (Vojar et al., 2012). Podle místa uložení se dělí na vnější a vnitřní. Vnější se ukládají mimo prostor lomu, vnitřní v něm. Uložení vevnitř je výhodnější, protože nedochází k záboru půdy mimo lom a zkracuje se přepravní vzdálenost (Prach, 2015).

V některých oblastech České republiky jsou výsypky významným krajinnotvorným prvkem, a to hlavně tam, kde se jedná o povrchovou těžbu uhlí (jako je Mostecko, Sokolovsko). Celková rozloha výsypek se odhaduje na 270 km² a celkový počet kolem 70 (po sečtení Mostecka, Sokolovska, Kladenska a Ostravska). K tomu lze přičíst skoro jednu tak velké plochy těžbou zasažené (manipulační prostory, zbytkové jámy apod.). Tento odhad je ale jen přibližný, protože výsypky nelze přesně vymezit a v některých případech se i překrývají (Řehounek et al., 2010).

Výsypky z těžby hnědého uhlí v Severočeské a Sokolovské pánevní oblasti jsou většinou složené z šedých miocenních jíllů. Tyto jíly jsou velmi těžké a to způsobuje jejich nesnadné obdělávání zemědělskou technikou. Mají velmi nízký obsah humusu, dusíkatých látek a fosforu. Jejich biologická hodnota je proto velmi nízká a pokud jsou čerstvě navržené,

téměř nulová. Dále mají střední až vysokou hodnotu přijatého dusíku a vápníku a vysokou zásobu hořčíku, ale pořád mají optimální pH. Většina výsypek je špatně propustná pro vodu (Ust'ak et Mikanová, 2008).

V minulosti byly některé výsypky po zasypání ponechány bez dalších zásahů. Bylo to spíše z jiných důvodů (např. nedostatku kapacit), než že by byly schválně ponechány spontánní sukcesi. V současnosti je asi jen 60 ha výsypek u kterých je cíl ponechat je přírodní sukcesi. Na ostatních plochách proběhly nebo probíhají technické rekultivace. Dle údajů Genofondu byly v roce 2007 rekultivace ukončeny na přibližně 14 000 ha a na dalších 9 000 ha probíhaly (Řehounek et al., 2010).

Mostecké výsypky

Jak již víme, povrch mosteckých výsypek je tvořen hlavně jílem, který nesnadno propouští vodu, proto zde hned po zasypání vzniká velké množství tůňek, jezírek a mokřadů. Většinou jsou izolované od zemědělských ploch, proto nedochází k umělému obohacování dusíkem, fosforem a následné eutrofizaci. Tyto biotopy jsou pro střední Evropu unikátní stejně, jako jejich biota (Vojar, 2007). Roste zde řada chráněných mokřadních a litorálních rostlin jako je například orobinec Laxmanův nebo bahnička jednoplevá.

Na bezvodých planinách výsypek se přibližně po 20. roce sukcese vytvoří jakási lesostep a ta vydrží relativně dlouho, jak lze vidět na nejstarší Albrechtické výsypce, která je stará přes 50 let. Takováto stanoviště jsou útočištěm pro spoustu ohrožených druhů hmyzu (Řehounek et al., 2010).

3.2.5 Historie těžby v České republice

První zmínky o těžbě hnědého uhlí na našem území pocházejí z roku 1403. Tehdy se ještě uhlí nepoužívalo k topení, ale používali ho lazebníci, lékaři a alchymisté (Belov et al., 2018). Až v 16. století se začalo uhlí používat jako zdroj energie. Rozvoj těžby hnědého uhlí ovlivnila technologická revoluce, a to především vynález parního zdroje. Na přelomu 19. - 20. století byly v severozápadních Čechách desítky hlubinných dolů a začaly se objevovat i povrchové, jejichž rozmach začal od 60. let 20. století. Po druhé světové válce začal význam hlubinných dolů v SHP klesat a těžba se soustředila do menších povrchových dolů (Stottmeister, 2002).

3.2.6 Společnost Severočeské doly a.s.

Společnost Severočeské doly a.s. vznikla 1.1.1994 spojením částí majetku bývalých státních podniků Doly Nástup Tušimice a Doly Bílina a sídlí v Chomutově. Hlavní činností je vyhledávání, těžba, úprava a odbyt hnědého uhlí a doprovodných surovin v Severočeské hnědouhelné pánvi (R- Princip, 1997).

3.2.7 Charakteristika Severočeské hnědouhelné pánve

Podkrušnohorské pánve jsou dohromady tři: Sokolovská, Chebská a Mostecká (známá také jako Severočeská hnědouhelná – SHP) (Kvaček et al., 2004).

S rozlohou přibližně 1 105 km² je Severočeská hnědouhelná pánev (SHP) největší podkrušnohorskou pánví. Část pánve, kde probíhá nebo je možnost těžby je známa jako Severočeský hnědouhelný revír (SHR) (Pešek et Sivek., 2012).

Obrázek 5: Geografické rozložení Severočeské hnědouhelné pánve. Zdroj: Kvaček et al. (2004).



3.2.7.1 Zeměpisná charakteristika

Severočeská hnědouhelná pánev je obklopena dalšími zeměpisnými celky severozápadních Čech – Krušné hory na severu, Doupovské hory na západě a České středohoří na jihovýchodě (Kvaček et al., 2004). Mostecká pánev, která měla původně plochý reliéf, je významně přeměněna člověkem, a to především těžbou hnědého uhlí. Proto jsou dominantní útvary oblasti výsypky a jámy povrchových dolů. V jižní části oblasti se protíná s údolím řeky Ohře (Bejček et al., 2003).

3.2.7.2 Klimatická charakteristika

Klimatické podmínky jsou ovlivňovány nadmořskou výškou, členitostí povrchu a jeho expozicí ve vztahu k převládajícím pohybu atmosférického proudění. Nachází se zde tři rozdílné tepelné oblasti: teplá klimatická oblast (Mostecká pánev s nadmořskou výškou do 300 m.n.m.), mírně teplá klimatická oblast (Krušné hory, Doupovské hory, České středohoří s nadmořskou výškou do 600 m.n.m.) a chladná klimatická oblast (vrcholy Krušných hor a Českého středohoří). Charakteristickým jevem v této oblasti jsou teplotní inverze (Bejček et al., 2003). Srážky jsou proměnlivé a také závislé na nadmořské výšce a členitosti povrchu ve vztahu k převládajícím západním větrům. V oblasti těžby pod Krušnými horami se roční srážky pohybují kolem 500 – 600 mm a průměrná teplota kolem 6 – 9 °C (Štýs et Helešicová, 1992).

3.2.7.3 Hydrologická charakteristika

Celé území spadá do povodí Labe. V jižní části protéká řeka Ohře a v centrální oblasti Bílina. Do obou se dále vlévá mnoho dalších menších říček a potoků (Štýs et Helešicová, 1992). Většina hydrologické sítě je narušena člověkem. Řeka Bílina, která protéká průmyslovou oblastí pánve, je zčásti vedena potrubím a umělými koryty. Větší plochy stojatých ploch na tomto území nejsou, ale pro zajištění pitné a průmyslové vody byly vystaveny umělé přehrady, z nichž největší je Nechranická nádrž na Ohři. Podzemní vody jsou stejně jako povrchové ovlivněny těžební činností (Bejček et al., 2003, Orendt et al., 2012).

3.2.7.4 Doly Bílina

Předpolí Dolů Bílina se nachází jihovýchodně od Litvínova, poblíž obcí Lom, Mariánské Radčice a bývalých Libkovic (Vrabec et al., 2010). Těžební prostor postupuje západním směrem ke Krušným horám. Odtěžené nadloží se skládá ve většině případů do vnitřních výsypek. Tyto doly produkují uhlí s velkou výhřevností a nízkým obsahem síry a dalších škodlivin. Při předpokládaných ročních těžbách kolem 8 milionů tun se konec provozu dolu odhaduje na rok 2035 (Bejček et al., 2003).

3.2.7.5 Doly Nástup - Tušimice

Lom Nástup – Tušimice leží v okrese Chomutov, poblíž měst Chomutov, Kadaň a Březno a menších obcí Pruněřov, Málkov, Spořice, Droužkovice a Černovice. Těžba postupovala směrem na sever ke Krušným horám a po dosažení hranice se obrací směrem na východ. Výsypky jsou převážně vnitřní. Roční těžba se odhaduje na 13,5 milionů tun. Vytěžené uhlí je dopravováno do elektráren Pruněřov I, Pruněřov II, Chvaletice a Tušimice (Pešek et al., 2010).

3.3 Obnova vytěžených lokalit

Ekologická obnova je proces, kdy jsou obnovovány ekosystémy, které byly degradovány, poškozeny a zničeny (Prach, 2009). Smyslem ekologické obnovy je dosažení funkce, struktury, diverzity a dynamiky cílového ekosystému (Primack, 2001). K nápravě území degradovaných těžbou a narušených ekosystémů můžeme použít technickou rekultivaci, která znamená úpravu a modelaci povrchového terénu a následně rekultivaci zemědělskou či lesnickou, kdy je cílový porost vysazen a celkové úpravy jsou umělé nebo spontánní přirozenou sukcesí, kterou lze i různě usměrňovat. Příkladem může být umělé výsevy žádoucích druhů nebo eliminace druhů nežádoucích (Hodačová et Prach, 2003; Řehounek et al., 2010). Ideální způsob obnovy je v maximální míře využít přírodní procesy. Při technické rekultivaci je třeba věnovat pozornost tomu, aby obnovovaná oblast nebyla osidlována nepůvodními a synantropními druhy, z nichž vznikají neproduktivní společenstva, která nejsou typická pro krajinu a naopak jsou bezcenná z hlediska ochrany přírody (Primack, 2001).

V postkomunistických zemích jako je Česká republika dříve velmi převažovala masivní technická rekultivace (Hodačová et Prach, 2003) a následný vznik monokulturní krajiny. I dnes se spontánní zarůstání využívá méně a je omezeno jen na menší lokality. Důvodem bývají většinou legislativní překážky. Nejvíce využívaná je nadále lesnická rekultivace (Šebelíková et al., 2019).

V Severočeské pánvi je narušeno území o rozloze přibližně 250 km² a dosud bylo obnoveno území o rozloze 95,07 km². Ve většině případů byl vytvořen lesní porost (sestavila R-Princip s r o, 1997).

3.3.1 Rekultivace

Rekultivace je proces, kdy se krajina vrátí do podobného stavu jako před její degradací (Ristovic et al., 2010). Je nutnou součástí vlastní báňské činnosti a měla by vracet lidem krajinu, která bude moci být využitelná pro obyvatelstvo. Většinou jsou využívány lesnické, zemědělské, hydrologické a rekreační rekultivační postupy (Bejček et Štastný, 1999). Cílem by měla být pestrá mozaikovitá krajina s vysokou ekologickou stabilitou (Gremlica et al., 2013).

Standardně po ukončení těžby specializované firmy tvarují povrchy výsypek, stabilizují tato území a směřují k vytvoření úrodné půdy, upravují vodní režim a budují cesty k napojení oblasti na okolí (Štýs et al., 2014).

Po těžbě je nejvíce postižena půda. Je změněna její struktura, vlastnosti i funkce (Bradshaw, 1997). Proto je právě obnova půdy tím nejdůležitějším krokem při standardní rekultivaci (Vráblíková et Vráblík, 2002). V důsledku těžby vzniká na půdu velký tlak, který brání růstu kořenů rostlin. Toto se dá zmírnit přepravou materiálu nebo prořezáním stlačené půdy a vysazením nové vegetace, která svým kořenovým systémem zabrání opětovnému stlačení. Dalším problémem je nedostatek živin jako fosfor, draslík, hořčík nebo vápník. Tento stav nelze jen tak navrátit do původního stavu, proto se půda musí prohnout, aby se nastartovala obnova. Důležitou součástí je dostatek dusíku v půdě, který nelze dostatečně

doplnit jen hnojením. Pro jeho obnovení je nutné vybírat vhodné metody a druhy vegetace. Pokud je objevena toxicita půdy, bývá to největším problémem. Nejčastěji to bývá nízké pH v důsledku zvětrávání a oxidací sulfidu. Sulfidy se hromadí v původních materiálech za anareobních podmínek. Tento proces je vratný v průběhu času a přírodních podmínek, ale je to proces zdlouhavý. Lze ho urychlit vysázením vhodných rostlin. Při zjištění kontaminace těžkými kovy lze vybrat některé druhy rostlin, které dokážou do jisté míry kontaminaci snižovat (Bradshaw, 1997; Sternina et al., 2020).

První rekultivační etapa se nazývá přípravná. Probíhá již během těžby a zahrnuje průzkumné, koncepční a projektové činnosti (Bejček et al., 2003). Provádí se testy, kdy se zjišťuje, jestli půda neobsahuje vysoké množství škodlivých a toxických látek. Dále se kontroluje kyselost a obsah minerálních látek. Výslednou analýzou se vybere nejvhodnější náprava a jaký typ zemědělských produktů se může vysadit nebo vhodný typ zalesnění (Ristovic et al., 2010). Důležité je i hodnocení klimatických činitelů jako je teplota, srážky, vlhkost, mikroklima a insolace (Vráblíková et Vráblík, 2020).

Další etapy jsou realizační, kdy se různými úpravami vytvářejí co nejlepší podmínky ve prospěch stanoveného cíle. Příkladem může být umístování a tvarování výsypek (Bejček et al., 2003).

Vlastní rekultivace se dělí na již zmíněné práce technické a na ně navazující biologické. Před provedením biologických prací musí půda projít sanací, což znamená odstranění škod ovlivněné těžbou nebo i obecně škod vzniklých antropogenní činností (Bradshaw, 1997).

Před vysázením vegetace se naveze vhodná zemina (s lepšími vlastnostmi nebo třeba orná půda, která byla před vytěžením deponována) (Ristovic et al., 2010). Při těchto úpravách se přesouvá ohromné množství zeminy. Jsou zmirňovány svahy výsypek jako opatření proti potenciálním sesuvům půdy (Gremlica et al., 2013). Vzniklé případné půdní propadliny se časem někdy přirozeně zaplavují vodou (Ristovic et al., 2010).

Ve všech rekultivačních postupech (lesnické, zemědělské, hydrologické a rekreační) se uplatňuje i ekologická sukcese, je ale musí být manipulována chtěným směrem (Bejček et al., 2006).

3.3.1.1 Druhy rekultivačních postupů

- **Zemědělská rekultivace** – Po skončení je zde možné pěstovat plodiny včetně speciálních kultur. Prakticky se tedy jedná o ornou půdu, louky, pastviny, zahrady, sady, vinice, chmelice. Vznik sadů a chmelnic je nicméně ekonomicky nákladný, proto se téměř neprovádí (Sýkorová et Štastný, 2008). Tento typ rekultivace je realizován převážně v rovinných nebo mírně svažitéch terénech, aby bylo možné používat zemědělskou techniku. Pro zemědělské využití jsou nejvhodnější náhorní plošiny výsypek a odvalů nebo vnitřní úrovně výsypky (Kryl et al., 2002). Obvykle zemědělská rekultivace spočívá v navezení a rozprostření organické hmoty, orbě, vláčení, smykování, setí přípravných plodin a jejich následné zaorání, hnojení a nakonec v konečné fázi setím hlavních plodin nebo zatravněním (Gremlica et al., 2013).

- **Orná půda** – Je důležité vybrat správné plodiny a jejich vhodné střídání. V první fázi, kdy se ještě nesází cílová plodina, se sejí meziplodiny, kdy je jejich hlavním úkolem biologické oživení půdy. Jsou to nejčastěji jeteloviny, traviny, luskoviny a brukvovité plodiny. Toto období trvá 5 – 8 let a poté se teprve osévá hlavními plodinami, např. obiloviny, kukuřice, řepka, boby, píce (Štýs et al., 2014).
- **Louky a pastviny** – Zakládají se na místech, kde není vhodná tvorba orné půdy. Tyto porosty se využívají pouze v omezené míře, pro pastvu nebo sklizeň píce (Čermák et al., 2002).
- **Sady a vinice** – Jsou vhodné i méně úrodné zeminy výsypek. Důležité jsou však vhodné klimatické podmínky (Štýs et al., 2014).
- **Technické a energetické plodiny a dřeviny** – Alternativní způsob využití zemědělské rekultivace. Mezi technické plodiny patří řepka, slunečnice nebo len, a mezi energetické plodiny různé klony topolů a vrb, s vysokou produkcí biomasy (Čermák et al., 2002).
- **Konzervace půdy osevem (louky, extenzivní pastviny)** – Používá se v krátkodobém časovém úseku za předpokladu dalšího využití v budoucnosti (zemědělské plodiny, víceleté až trvalé zakládání luk a pastvin) (Čermák et al., 2002).
- **Lesnická rekultivace** – Zalesňování je hlavním a nejrozšířenějším způsobem obnovy poškozené krajiny po povrchové těžbě (Štýs et al., 2014). Cílem je založit lesní porost různého cílového zaměření. Můžou to být lesy produkční (tradiční), lesy účelové (na ochranu půdy, stabilizační, hydrické, rekreační) (Sýkorová et Štastný, 2008). Do této skupiny však patří i parky, lesoparky, remízky, doprovázející zeleň toků, vodních nádrží, rybníku, mokřad, komunikací a biokoridory a biocentra (Bejček et al., 2003). Součástí lesní rekultivace je technická úprava terénu a stabilizace svahů, případně stavba nových lesních cest a odvodňování. První fázi, která trvá 1 – 3 roky, tvoří právě chemická a mechanická příprava půdy a vlastní výsadba dřevin (Gremlica et al., 2013). Jako přípravné dřeviny se nejvíce používají topoly, břízy, akáty, olše a vrby. Následně jsou vysazovány hlavní druhy jako duby, javory, lípy, modříny a borovice (Štýs et al., 2014). Místo výstavby monokultur jehličnatých stromů by se mělo postupně směřovat k obnově přirozené druhové skladby lesů v České republice, kde převládají listnaté stromy (Bejček et al., 2003). Druhá fáze lesnické rekultivace trvá 6 – 8 let a zahrnuje následnou pěstební péči jako je vylepšování provedených výsadeb, hnojení, okopávání, ožínání, ochrana proti zvěři, závlaha a prořez (Gremlica et al., 2013).
- **Hydrická rekultivace** – Někdy je tento typ uváděn jako vodohospodářská rekultivace (Sýkorová et Štastný, 2008). Úpravy probíhají tak, aby byl umožněn odtok srážkových vod nebo naopak bylo zajištěno jejich zadržování formou rybníčků, nádrží a mokřadů (Bejček et al., 2003). Hydrická rekultivace ahrnuje:
 - **Odvodnění povrchu výsypek a svahů zbytkových jam** – Práce, které mají za úkol vytvoření protierozních opatření. Zahrnuje technické urovnání povrchu a

vytvoření odvodňovacích prvků. Příkladem může být budování příkopů a teras nebo výstavba retenčních nádrží a poldrů (Kryl et al., 2002).

- **Sanační odvodnění** – Výstavba probíhá na bočních svazích, kde je nutné odvádět mělké podzemní vody z propustných vrstev mimo svahové partie. Příkladem je instalace drenů a kamenných odvodňovacích žeber (Kryl et al., 2002).
- **Převedení vod** – Zpětné zavedení vodních toků do rekultivované oblasti formou přítokových kanálů a koryt (Kryl et al., 2002).
- **Zavodňování zbytkových jam** – Uvádí zničenou krajinu do stavu vhodného pro další život. Díky značné hloubce nově vzniklých jezer v zatopených jámách zde bude vysoká úroveň kvality vody (Štýs et al., 2014). Takto vytvořená jezera se nazývají jezera zbytkových jam lomů nebo lomová jezera (Bejček et al., 2003). Pro správné fungování jezera je nutné zajistit správné vrstvy půdy, zajistit stabilizaci navazujících svahů (technickou a vegetační stabilizací břehů, členitostí břehů pro zamezení eroze) a kvalitu vody (Kryl et al., 2002). Vzhledem k horším podmínkám pro rozvoj bentosu a planktonu je zarybnění malé a proto jezera většinou slouží k rekreačním a sportovním účelům (Gremlica et al., 2013).

Důležitým prvkem krajiny jsou také mokřady. Jsou to většinou rovinná území s hladinou podzemní vody v úrovni bažinatého povrchu. Příznivě ovlivňují mikroklima tím, že zvýšeným výparem osvěžují ovzduší. Tato území mají velkou schopnost shromažďování vody, proto jsou velmi cenné z hlediska hospodaření s vodou v krajině (Bejček et al., 2003).

- **Sadovnická rekultivace** – Úprava sadovnickými prostředky za cílem vytvoření městského sadu nebo dotvoření jiného prostředí jako rekreačního, sportovního nebo kulturního. Uplatňuje se hlavně v městských a příměstských oblastech (Sýkorová et Šťastný, 2008).
- **Ostatní rekultivace** – Neslouží přímo k hospodářskému účelu, ale ke zvýšení biodiverzity v krajině a posílení ekologické stability. Zahrnuje například tvorbu mokřadů, remízků, biokoridory autochtonních dřevin, ozelenění sportovišť, procesy řízené sukcese (technické rekultivace doplněné částečným ozeleněním) (Sýkorová et Šťastný, 2008). Sem můžeme zařadit:
 - **Ostatní veřejná zeleň** – zeleň ve sportovních a rekreačních areálech, zeleň podél vodních toků a nádrží, zeleň polních lesíků a remízků, zeleň sukcesních ploch, zeleň podél cest a komunikací a zeleň ochranných lesních pásů.
 - **Ostatní komunikace** – Zpevněné hlavní cesty zajišťují potřebnou obslužnost rekultivovaných ploch a jejich propojení.
 - **Sportovní a rekreační plochy** – Velké množství těžbou zasažených oblastí se nachází blízko obytných sídel, proto je jedna z ideálních rekultivačních variant zakládání rekreačních ploch jako jsou třeba autokempy a pláže nebo sportovišť (hřiště, střelnice, dostihové dráhy).
 - **Plochy pro komerční využití** – Pro tuto výstavbu jsou vhodná stabilní těžbou nedotčená území, proto se jedná spíše o bývalé areály související s těžbou (Čermák et al., 2002).

Ve spojitosti s rekultivacemi se využívá také malých intervencí v krajině. Tím se rozumí drobný a obnovitelný zásah, který zvyšuje diverzitu dané oblasti. Nejčastější intervencí je vytvoření několika malých jezírek o hloubce 0,5 – 1 metru na ploše několika metrů čtverečních. Dále může být plocha obohacena třeba hromadami kamení jako útočiště pro hmyz a plazy, padlé stromy nebo mrtvé dřevo v nádržích (Gremlica et al., 2013).

3.3.1.2 Rekultivace severočeských dolů

Rekultivační postupy jsou specifikovány několika zákony, které nepřímo určují způsob jejich provedení (Štýs et al., 2014):

- č. 334/1992 Sb., o ochraně zemědělského půdního fondu – zemědělské rekultivace
- č. 286/1995 Sb., o lesích – lesní rekultivace
- č. 254/2001 Sb., o vodách
- č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu
- č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny
- č. 100/2001 Sb., o posuzování vlivů na životní prostředí

V České republice zatím ponechání území přirozenému vývoji není uznáno jako oficiální rekultivační postup a v případě, že není provedena zemědělská nebo lesnická rekultivace a navrácení do příslušných půdních fondů, težař nadále platí odvody za zábor území (Gremlica et al., 2013).

3.3.2 Sukcese

Proces sukcese je přirozený a objevuje se bez zásahu člověka. Během tohoto procesu se postupně mění struktura druhového složení, společenstva i fyzikálních charakteristik, které se objevují po přirozeném nebo antropogenně způsobenému narušení prostředí (Zahawi et al., 2014). Přirozený vývoj lokalit vede k rozmanitější ekologické bohatosti, ale s menším výskytem nepůvodních druhů než u rekultivací vytvořených člověkem. Tento proces obnovy může trvat i 20 – 40 let (Hendrychová et al., 2012; Šebelíková et al., 2019).

Takzvané sterilní stanoviště je na počátku kolonizováno dobře se šířícími pionýrskými druhy. Během procesu jsou postupně vytlačovány silnějšími a pomaleji se šířícími druhy (Tropek et Řehounek, 2012).

Ranná sukcesní stádia jsou charakterizována plochami holého substrátu jen řídké porostlého bylinami, které tvoří nesouvislé trávničky. Ty se postupně spojují a časem je začínají pokrývat křoviny a stromy (Tropek et Řehounek, 2012). V ranných stádiích se objevují pionýrské druhy a vyhranění specialisté, kteří toto extrémní prostředí vyžadují. Mezi extrémy můžeme zařadit pohyblivý substrát, mikroklima s vysokou výhřevností a vysychavostí, nedostatek živin a chemické složení, kdy je nedostatek nebo naopak nadbytek některých prvků. Jaké druhy zde začnou žít záleží na historii lokality, přítomnosti druhů v

okolí, přírodních podmínkách lokality a jejího okolí a interakcemi mezi koloizujícími druhy (Konvička, 2012).

Nejstaršími sukcesními stádii jsou ve vhodných podmínkách husté pralesy (Tropek et Řehounek, 2012).

Narušení, přirozená i umělá, vrací sukcesi zpět do mladších stádií. V extrémních podmínkách mohou být některá stadia sukcese blokována, a to i trvale (Tropek et Řehounek, 2012). Naopak pokud je území ponecháno dostatečně dlouhou dobu bez vnějších rušivých vlivů, dosáhnou společenstva konečného vyváženého stadia klimaxu (Bejček et al., 2003). Znaky klimaxových společenstev jsou velká druhová rozmanitost, složité potravní řetězce, vysokých stupeň vzájemných vztahů mezi organismy, dobrá cirkulace živin a velká odolnost proti vnějším rušivým vlivům. Ranně sukcesní společenstva jsou nestabilní a mají znaky opačné (Císař et al., 1987).

Každé sukcesní stádium má své specializované druhy rostlin i živočichů, a proto má svou nezastupitelnou hodnotu (Tropek et Řehounek, 2012).

3.3.2.1 Osidlující vegetace výsypek

Na výsypkách bývá relativně vysoký počet druhů. To má dvě hlavní příčiny. Zaprvé jsou výsypky tvarovány členitým reliéfem tak, aby vznikala řada odlišných biotopů, které svými podmínkami vyhovují různým druhům rostlin. Zadruhé jsou výsypky obohacovány z bohatých porostů z blízkého okolí (Bejček et al., 2003).

První porosty se objevují na holé půdě. Semena rostlin se do výsypek dostávají pomocí větru, živočichů i člověka. Tyto počáteční rostliny mají vliv na humifikaci zeminy a na snižování větrné a vodní eroze, zpevňování svahů a zachycování škodlivých látek (Bejček et al., 2003, Biswas et al., 2014). Během osidlování se mohou objevovat i vzácné nebo ohrožené rostliny (Kabrna, 2011).

Prvními pionýrskými rostlinami je většinou lebeda, pelyněk, rdesna, merlík, třtina, ratič, hadinec a bodlák (Kabrna, 2011). Poté se začnou objevovat keře, a to nejvíce bez černý, a některé stromy jako olše, bříza, jíva a osika. Z vodní a vlhkomilné vegetace se nejčastěji objevuje rákos, orobinec a sítina, ze stromů vrby a topoly (Prach, 2015).

V relativně vlhkém prostředí střední Evropy spotánní sukcese vede většinou ke vzniku lesa, ale ne vždy. Někdy uzavřený porost dřevin hostí méně druhů než prostředí lesa. Někdy je vhodné, aby se narušením (např. kácení, vyřezávání dřevin, mechanické narušování povrchu) ve vybraných oblastech prostředí uměle vracelo k mladším stádiím sukcese – tzv. rejuvenovalo (Řehounek et al., 2010).

3.3.2.2 Osidlující živočichové výsypek

Počet živočišných druhů je vázán na vývoji vegetace. Složení druhů je nejdřív velmi jednoduché. Zahrnuje druhy, které snáší velkou škálu podmínek, ale i druhy, které jsou v rámci regionu vzácné a mimo extrémní stanoviště nežijí. S postupem času některé z nich ustupují, ale spousta nových se objevuje (Kabrna, 2011).

Jakmile se objeví vegetace, začnou osidlovat savci. Druhy jsou to většinou nenáročné, příkladem je hraboš polní nebo myšice křovinná. Z ptáků se objevuje například linduška úhorní, strnad zahradní nebo bělořit šedý (Prach, 2015). Pro obojživelníky a bezobratlé jsou velmi důležitá spontánně vznikající jezírka, která jsou nevysychající a nezarybněná, což je důležité pro jejich rozmnožování (Bejček et al., 2003). Další výhodou těchto jezírek je to, že je jich mnoho a jsou umístěná blízko sebe a tím jsou snadno dosažitelná například pro obojživelníky (Vojar et al., 2012). Počet a rozmanitost druhů bezobratlých závisí na přítomných druzích rostlin (Bröring et Wiegler, 2005). Vzhledem k dynamice procesu sukcese je pro spousta druhů pobyt charakterizován pouze jako dočasné útočiště (Bejček et al., 2003). Příkladem může být linduška úhorní, která se vyskytuje ve stepích až polopouštích, proto jí vyhovuje rané stádium sukcese. Poté, co se vegetace rozroste, území opustí (Bejček et al., 2006).

Během přirozené sukcese se většinou souvislý vegetační kryt vytvoří do 15 let. Pozitiva jsou například nízká invaze nepříznivých druhů, časté rozšíření původních dobře adaptibilních dřevin, refugia pro volně žijící zvířata a vyšší přírodní hodnota ve srovnání s uměle obnovenými lokalitami. Negativa mohou být například zdroj plevelů, nižší produktivní hodnota ve srovnání s uměle obnovenými lokalitami a někdy zdroj alergenních pylových druhů (Prach et Pyšek, 2001).

4 Metodika

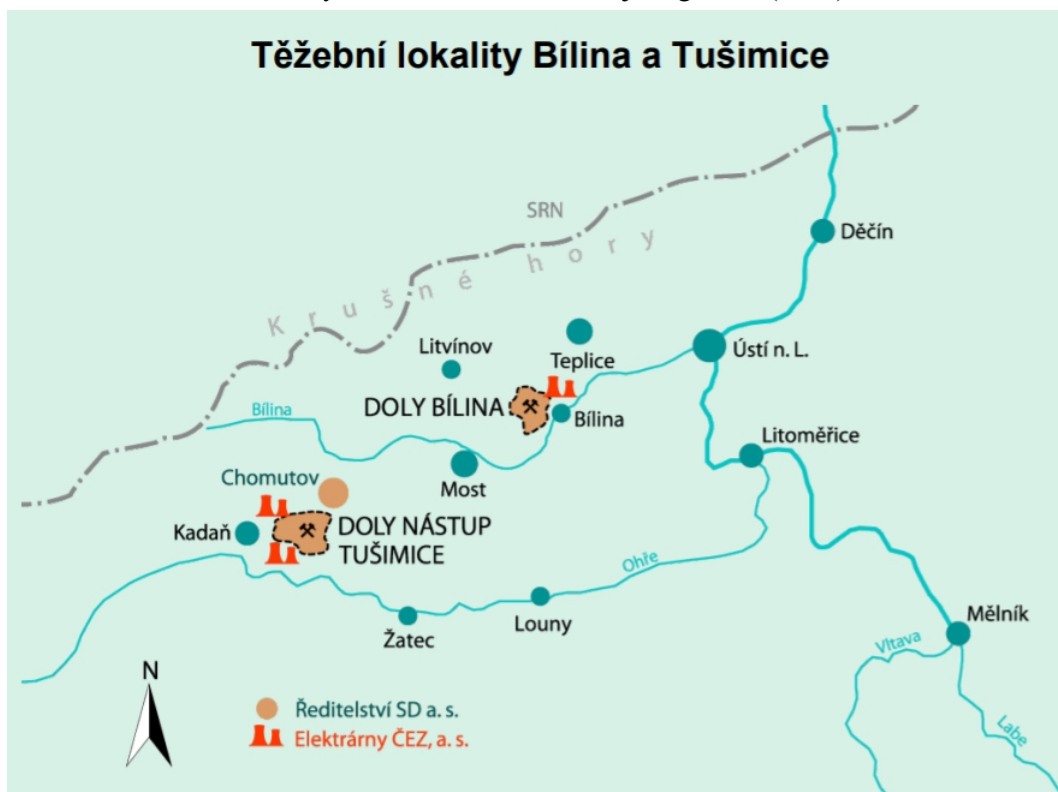
Pro porovnání rekultivovaných a sukcesních lokalit Dolu Nástup Tušimice a dolů Bílina byli vybráni střevlíkovití boroci (*Carabidae*).

4.1 Charakteristika lokalit

Zkoumané lokality se nacházejí v Severočeské hnědouhelné pánvi.

Spadá do středoevropského mírného podnebného pásu. Klimatické podmínky jsou ovlivněny nadmořskou výškou a členitostí okolního povrchu, což silně ovlivňuje proměnlivost počasí. Průměrné roční srážky se pohybují kolem 500-600 mm a průměrná roční teplota 6- 9 °C. Přehledně ukazuje lokalizaci obrázek ??.

Obrázek 6: Těžební lokality Bílina a Tušimice. Zdroj: Pěgřímek (2018)



4.1.1 Doly Bílina

Toto území se nachází v severní části, v okrese Teplice a Most. Opět zde byla vybrána 4 srovnávaná stanoviště. Tři nějakým způsobem rekultivovaná: Radovesice VI – XI bentonity, Václav II, Pokrok II a jedno sukcesní: Radovesice XVII B.

4.1.2.1 Radovesnická výsypka XVII. B

Území se nachází severovýchodně od města Bílina a bylo ponecháno přírodní sukcesi. Substrát je tvořen z hnědého jílu a šedého písčitého jílovce, hlušina byla ukládána metodou podélných pruhů nebo oblouků. Díky tomu zde je členitý terén s depresiemi, který dodnes zůstal v částech ponechaných přirozené sukcesi. Tato lokalita má díky členitosti různé druhy stanovišť a také vodní plochy.

Z vegetace se zde nachází velké množství keřů a náletových dřevin, většinou bříz, které se nacházejí na celém území a tvoří stinné plochy. Výška těchto bříz je i přes 10 metrů. Celkem bylo zjištěno 125 taxonů cévnatých rostlin a z toho je 8-9 druhů uvedeno na Červeném seznamu. Vyskytují se živočichové z červeného seznamu i druhy chráněné.

Souřadnice zhruba na střed lokality: 50.32.1.769N/13.50.14.277E

Kód čtyřúhelníku faunistického mapování: 5449

Obrázek 7: Radovesická výsypka XVII B – charakter zkoumaného území. Zdroj: poskytl V. Vrabec



4.1.2.2 Radovesice VI - XI

Toto stanoviště Radovesické výsypky je vytvořeno lesnickou rekultivací. Je svažitého charakteru, svah se orientuje na jižní stranu. Druh půdy je ojedinělý – na povrch byl asi v 20 cm vrstvě použit slínovec, který je znám svými protierozními vlastnostmi. V současnosti se jednotlivé pláty rozpadají s splývají v jednodušší substrát.

Vegetaci tvoří především olše a mnoho náletových dřevin, které se průběžně redukují. Bylinné patro je poměrně chudé a místy chybí. Podmínky jsou v letních měsících vhodné pouze pro rostliny ruderalního xerotermního typu. Celkem bylo zjištěno 70 taxonů cévnatých rostlin, z nichž je 1 druh uveden na Červeném seznamu. Rovněž jsou přítomny zvláště chráněné druhy živočichů a druhy červeného seznamu.

Stanoviště je v blízkosti vodní nádrže Syčivka.

Souřadnice zhruba na střed lokality: 50.32.29.765N/ 13.48.59.409E

Kód čtyřúhelníku faunistického mapování: 5449

Obrázek 8: Radovesice VI - XI – charakter zkoumaného území. Zdroj: poskytl V. Vrabec



4.1.2.3 Václav II

Tato lokalita je nejstarší lesnickou rekultivací na území dolů Bílina. Nachází se na severovýchodě obce Duchcov a jedná se o velmi zdařilou a stabilizovanou rekultivaci. Byly zde pužity hlavně rychle rostoucí dřeviny jako je javor a topol. Keřové patro je nerovnoměrné, místy husté a místy chybí a je nahrazeno semenáči jehličnatých stromů. Bylinné patro je také místy husté a místy chybí. Bylo zde zjištěno celkem 68 taxonů cévnatých rostlin a z toho 1 je uveden v Červeném seznamu. Vyskytují se živočichové vedení v červeném seznamu.

V blízkosti se nachází obora s chovem jelenovité zvěře.

Souřadnice: 50.36.30.548N,/13.45.36.773E

Kód čtyřúhelníku faunistického mapování: 5348

Obrázek 9: Václav II – charakter zkoumaného území. Zdroj: poskytl V. Vrabec



4.1.2.4. Pokrok II

Tato lokalita se nachází jižně od obce Duchcov a jedná se o středně starou lesnickou rekultivaci. V okolí jsou rozsáhlá travnatá území, která jsou místy podmáčená, zejména v jarním a podzimním období. Při výsadbě byly využity hlavně borovice, modřín a jasan. Místy se nacházejí i náletové dřeviny jako je bříza, které se postupně prořezávají. Celkem zde bylo zjištěno kolem 142 taxonů cévnatých rostlin, z toho jsou 3 druhy uvedeny na Červeném seznamu. Vyskytují se chráněné druhy živočichů i druhy z červeného seznamu. V blízkosti je vodní nádrž Emma.

Souřadnice zhruba na střed lokality: 50.35.52.795N/13.44.6.303E

Kód čtyřúhelníku faunistického mapování: 5448

Obrázek 10: Pokrok II – charakter zkoumaného území. Zdroj: poskytl V. Vrabc



4.1.2 Doly Nástup Tušimice

V území DNT byly pro výzkum vybrána 4 dílčí stanoviště: dvě rekultivovaná (Merkur I a Pruněrov VIII), dvě území ponechaná přírodní sukcesi, a to Pruněrov XI - severní svahy a Merkur V - turmerity. V celé oblasti převládají lesnické rekultivace (příkladem jedna z nejstaších rekultivací – Merkur I), kde převládá obnova formou technické nebo biologické rekultivace. Polohu zkoumaných lokalit ukazuje obrázek

4.1.1.1 Merkur I

Nachází se zde jeden z nejstarších rekultivovaných lesů. Jsou zde lehce odlišitelná jednotlivá patra lesa. Stromové patro je tvořeno hustými listnatými stromy, které v letních měsících vytvářejí potřebný stín. Cílem rekultivátorů bylo husté osázení stromy pro budoucí hospodaření lesnického typu. Hustota porostu se dále zvyšuje náletovými dřevinami různého stáří. Z důvodu nedostatku světla spodní větve schnou a odlamují se. Keřové i bylinné patro jsou nerovnoměrné, poměrně řídké a místy chybí, naopak místy je velmi dobře vyvinuto a hostí citlivější druhy. Více se objevuje jen v místech, kde chybí vzrostlé stromy. Rozvoj závisí na množství dopadajícího světla, které je potlačeno právě vysokým stromovým patrem.

Celkem bylo zjištěno kolem 50 taxonů cévnatých rostlin, žádná z nich není uvedena v Červeném seznamu.

Zoologicky se nejedná o významné stanoviště. Je možno zde najít již stabilizovanou edafickou faunu, kam proniká několik druhů z červeného seznamu včetně druhů chráněných.

Na tomto území chybí vodní plocha, ale jiná vodní plocha je v blízkosti, proto není absence tak patrná.

Souřadnice zhruba na střed území: 50.23.27.621N/13.18.56.309E

Kód čtyřúhelníku faunistického mapování: 5545

Obrázek 11: Merkur I – charakter zkoumaného území. Zdroj: poskytl V. Vrabec



4.1.1.2 Merkur V - turmerity

Tato výsypka je nepravidelného tvaru s rozlohou asi 5 ha. Byla ponechána přírodní sukcesi. Je to středně stará sukcese, odhadem kolem 30 let. Lokalita má kopcovitý charakter a původně sypaný terén zůstal neupravený s četnými nerovnostmi, proláklínami a vyvýšeninami. Některé části jsou rovné, ale převažují svažité.

Spontánní sukcese rostlin probíhá bez jakéhokoliv zásahu člověka. Rostlinná patra jdou rozlišit jen velmi obtížně. Rostliny pocházejí z původních diaspor a z náletů. Dřeviny různého stáří se vyskytují nepravidelně. Náletové dřeviny postupně mění ráz krajiny. Keřové patro je velmi husté, a to ze všech stran kopců. Bylinné patro je většinou travnaté a mizí v zastínění stromů. Celkem zde bylo zjištěno asi 120 taxonů cévnatých rostlin a z toho jsou 3 uvedeny v Červeném seznamu.

Zoologicky je to poměrně cenné území, které plní roli refugia biologické diverzity. Postupný zánik otevřených stanovišť a jejich přesun od lesostepi k souvislému křoví je přirozený proces, ale pro motýly a brouky je negativem. Nicméně stále je přítomno několik druhů červeného seznamu a druhy chráněné.

Vodní zdroj zde chybí.

Souřadnice zhruba na střed území: 50.23.15.353N/13.19.7.773E

Kód čtyřúhelníku faunistického mapování: 5645

Obrázek 12: Merkur V - tumerity – charakter zkoumaného území. Zdroj: poskytl V. Vrabec



4.1.1.3 Pruněrov VIII

Toto území je rozsáhlá lesnická rekultivace s malými lučními fragmenty. Rekultivace byla rozdělena na tři části. První tvořily olšiny. Zde je vysoký a hustý bylinný podrost, kde je výrazně zastoupena třtina rákosovitá a křovištní. Na olšiny navazuje borový les s lemem dubů, kde bylinný podrost skoro chybí. Následuje vzrostlá modřínová výsadba, kde lze nalézt i olše a břízy. Především podrost zde ustupuje a kvůli zastínění řídne, a objevují se běžné byliny jako traviny, svízel a pcháček. Na prosvětlených okrajích se nacházejí další byliny, například hvozdík kropenatý nebo jestřábník chlupáček. Na bývalé louce prorůstají borovice a lze předpokládat, že luční byliny do několika let vymizí.

Na této lokalitě je též vodní plocha vzniklá již před technickou rekultivací a má charakter retenční nádrže. Na jejích okrajích lze nalézt rákos a na svazích svídu krvavou. Celkem zde bylo zjištěno asi 130 taxonů cévnatých rostlin, a z toho 4 jsou uvedeny v

Červeném seznamu. Zoologicky je toto území vhodné k osidlování širokým spektrem živočichů díky různým vegetačním celkům.

Souřadnice zhruba na střed území: 50.24.42.899N/13.16.17.168E

Kód čtyřúhelníku faunistického mapování: 5545

Obrázek 13: Pruněřov VIII – charakter zkoumaného území. Zdroj: poskytl V. Vrabec



4.1.1.4 Pruněřov XI – severní svahy

Stanoviště má ranně sukcesní stav který je ponechán na kaskádovitých slunných svazích, na rovinnatých částech jsou výsadby dřevin a travnatých ploch. Díky sklonu svahu a podkladu bude mít tento biotop dlouhodobý charakter a může tak hostit neobvyklá společenstva. Svah přechází do blízkých lesnatých stanovišť a oživuje je uměle vytvořená tůňka na horním okraji. Lokalita je cenná mozaikou stanovišť, do kterých pronikají druhy z okolí. Vhodná je pro výskyt střevlíkovitých. Jsou zde vytvořena různá podpůrná opatření na zvýšení biodiverzity, například kamenné mohyly pro ještěrky. Vegetace zde tvoří náletové dřeviny (většinou břízy) různého stáří a mladé náletové rostliny. V některých částech sukcese byla provedena probírka vykácením mladých stromů.

V letních měsících část stanoviště extrémně vysychá. Bylo zde zjištěno celkem 156 taxonů cévnatých rostlin, a z toho jsou 4 uvedeny v Červeném seznamu. Vyskytuje se zde více druhů živočichů zvláště chráněných i z červeného seznamu.

Souřadnice zhruba na střed území: 50.25.59.59N/13.18.1.795E

Kód čtyřúhelníku faunistického mapování: 5545

Obrázek 14: Pruněřov XI – charakter zkoumaného území. Zdroj: poskytl V. Vrabc



4.2 Metodika výzkumu

4.2.1 Metodika sběru

. Jako základní materiál a chemikálie byly použity PVC kelímky, lopatka, skleněné lahve, 4% formaldehyd, líh, Herkules, voda, pinzeta, entomologické špendlíky, preparační pomůcky a zápisník.

Dominantně byla pro odchyt střevlíkovitých použita technika zemních pastí (Absolon, 1994; Adis, 1979; Bell et al., 2014; Buchholz et Hannig, 2009). V každé ze sledovaných lokalit byly umístěny 2 pasti (celkem 16 na 8 stanovištích).

Po vybrání vhodných konkrétních míst pro instalaci pasti se nejprve lopatkou vytvořila prohlubeň v zemi, aby okraj použitého kelímku (těleso pasti) byl rovnoměrně s povrchem země a nepřechýlal. PVC kelímek o objemu 0,5 l se vložil do země a zafixoval okolní zeminou. Do tohoto kelímku se vložil ještě jeden vnitřní naplněný fixační tekutinou (4% formaldehyd) přibližně do jedné třetiny. Takto upravená past je výhodná při manipulaci, při vybírání se vyndává pouze vnitřní kelímek a vnější je trvale v zemi.

Vybírání pastí probíhalo v nepravidelných intervalech. Doly Nástup Tušimice: 4.4., 10.5., 8.7., 4.9.2020; Doly Bílina: 28.3., 20.4., 24.5., 25.6., 30.7.2020. Při každé návštěvě bylo

nutné provést kontrolu a zničené pasti nahradit novými. Materiál z pastí se přelil do připravených skleněných zavařovacích sklenic a tyto se opatřily štítkem, který obsahoval přesnou lokalitu a datum sběru. Prázdný vnitřní kelímek se opláchl a poté znovu dolil fixační tekutinou.

4.2.2 Postup zpracování nachytaného materiálu

Nasbíraný materiál se vypral ve vodě kvůli odstranění nečistot a byl převeden do lihu. Brouci čeledi *Carabidae* byli opatrně vybráni entomologickou pinzetou, osušili se na buničité vatě a připravili k další preparaci. Ostatní brouci se uchovali v lihu pro možnost dalšího zkoumání.

Očištění a osušení brouci byly roztrženy podle velikosti. Jedinci větší než 8 mm byli pomocí entomologických špendlíků napichováni do horní třetiny pravé krovky a připevněni na polystyrenovou podložku. Menší jedinci byli lepeni pomocí lepidla Herkules na úzké hroty trojúhelníkovitých štítků tak aby jejich hlavy směřovaly vlevo. Takto připravené exempláře byly ponechány tři až čtyři dny na teplém a suchém místě uschnout, poté opatřeny lokálními štítky. Následně jsem je nahrubo roztržila podle vnější podoby.

Konečnou determinaci provedl vedoucí práce Vladimír Vrabec a obtížně určitelné druhy byly revidovány Ing. Pavlem Voničkou.

Určené brouky jsem přepsala do tabulkového záznamu v excell.

4.2.3 Vyhodnocení výsledků

. Pro vyhodnocení výsledků byl použit Jaccardův index podle Losos et al. (1984), dále dominance podle Laštůvky et Krejčové (2000) a Simpsonův index diverzity podle Losos et al. (1984). Dále byly zjištěné druhy vyhodnoceny podle příslušnosti k bioindikačním skupinám podle Hůrky et al. (1996).

Použité vzorce:

Jaccardův index:

$$J_a = (s \cdot 100) / (s_1 + s_2 - s)$$

kde s = počet společně se vyskytujících druhů ve dvou srovnávaných stanovištích, s_1 = počet druhů na prvním stanovišti, s_2 = počet druhů na druhém stanovišti.

Simpsonův index diverzity:

$$c = \sum \left(\frac{n_i}{N} \right)^2$$

kde n_i = počet jedinců i -tého druhu ve vzorku, N = součet všech jedinců ve vzorku.

Index dominance:

$$D = \frac{N_i}{N} \times 100 = (\%)$$

kde N_i = počet jedinců příslušného druhu a N = celkový počet odchycených jedinců na dané lokalitě.

5 Výsledky

Zjištěné druhy střevlíků na zkoumaných stanovištích Dolů Bílina pro rok 2020 a jejich hodnocení a zařazení do bioindikačních skupin ukazuje tabulka 1. Na území Dolu Bílina bylo celkem zjištěno 23 taxonů *Carabidae*. Nejvyšší druhová pestrost byla na stanovišti Pokrok II, kde bylo zachyceno 12 druhů. Naopak nejmenší početnost druhů byla na stanovišti Václav II, a to jen 4 druhy.

Z hlediska bioindikace je většina zachycených taxonů řazena mezi eurytopní nebo adaptabilní, nicméně na lokalitě Václav II byl zaznamenán jeden druh reliktní: *Leistus rufomarginatus*. Zaznamenán byl jeden chráněný druh nejnižšího stupně (ohrožený), a to *Brachinus crepitans* na stanovišti Pokrok II.

Tabulka 1: Přehled odchycených druhů na zkoumaných stanovištích Dolů Bílina v roce 2020 se zařazením do indikačních skupin a stupněm ohroženosti dle zákona 395/1992 Sb. A Červeného seznamu. X = zachycený druh; bioindikace podle Hůrky et al. (1996): R = reliktní druhy, A = adaptabilní druhy, E = eurytopní druhy; stupeň ochrany podle 395/1992 Sb.: KO = kriticky ohrožený, SO = silně ohrožený, O = ohrožený, B = bez hodnocení; červený seznam (Hejda et al. 2017): RE = vymizelý pro ČR, CR = kriticky ohrožený, EN = ohrožený, VU = zranitelný, NT = téměř ohrožený, B = bez hodnocení.

	Radovesice XVII B	Radovesice VI-XI	Václav II	Pokrok II			
	Sukoese	mladší	Stará rekultivace	střední	Bioindikace	395/1992 Sb.	ČS
Carabidae							
<i>Amara makolskii</i>	X			X	A	B	B
<i>Badister bullatus</i>		X			A	B	B
<i>Bembidion lampros</i>	X				E	B	B
<i>Bembidion obtusum</i>	X				E	B	B
<i>Brachinus crepitans</i>				X	E	O	B
<i>Calathus erratus</i>	X				A	B	B
<i>Calathus melanocephalus</i>	X				E	B	B
<i>Carabus violaceus</i>		X			A	B	B
<i>Clivina fossor</i>	X				E	B	B

<i>Harpalus rubripes</i>				X	E	B	B
<i>Harpalus rufipes</i>		X		X	A	B	B
<i>Leistus ferrugineus</i>	X			X	E	B	B
<i>Leistus rufomarginatus</i>			X		R	B	B
<i>Loricera pillicornis</i>			X		E	B	B
<i>Microlestes maurus</i>				X	E	B	B
<i>Microlestes minutus</i>				X	E	B	B
<i>Nebria brevicollis</i>	X		X		A	B	B
<i>Notiophilus palustris</i>				X	E	B	B
<i>Ophonus azureus</i>				X	E	B	B
<i>Philorhizus crucifer</i>				X	A	B	B
<i>Pseudoophonus rufipes</i>		X		X	E	B	B
<i>Pterostichus niger</i>	X	X	X	X	A	B	B
<i>Trechus obtusus</i>	X				E	B	B
Celkem nalezeno druhů na zkoumané lokalitě	10	5	4	12		1	0

Zjištěné druhy střevlíků na zkoumaných stanovištích Dolů Nástup Tušimice pro rok 2020 a jejich hodnocení a zařazení do bioindikačních skupin ukazuje tabulka 2. Na území Dolu Nástup Tušimice bylo celkem zjištěno 28 taxonů *Carabidae*. Nejvyšší druhová pestrost byla na stanovišti Merkur V - turmerity, kde bylo zachyceno 17 druhů. Naopak nejmenší početnost druhů byla na stanovišti Merkur I, kde bylo 7 druhů.

Na stanovišti Merkur I byl nalezen reliktní střevlíček *Leistus rufomarginatus*. Z hlediska bioindikace jsou pak ostatní zachycené taxony řazeny mezi eurytropní nebo adaptabilní. Zaznamenán byl jeden chráněný druh nejnižšího stupně (ohrožený), a to *Brachinus crepitans* na všech zkoumaných stanovištích kromě Pruněřova VIII.

Tabulka 2: Přehled odchycených druhů na zkoumaných stanovištích Dolů Nástup Tušimice v roce 2020 se zařazením do inkrikačních skupin a stupněm ohroženosti dle zákona 395/1992 Sb. A Červeného seznamu. X = zachycený druh; bioindikace podle Hůrky et al. (1996): R = reliktní druhy, A = adaptibilní druhy, E = eurytopní druhy; stupeň ochrany podle 395/1992 Sb.: KO = kriticky ohrožený, SO = silně ohrožený, O = ohrožený, B = bez hodnocení; červený seznam (Hejda et al. 2017): RE = vymizelý pro ČR, CR = kriticky ohrožený, EN = ohrožený, VU = zranitelný, NT = téměř ohrožený, B = bez hodnocení.

	Merkur I	Merkur V	Pruněřov VIII	Pruněřov XI			
	Stará rekultivace	Sukcese	Střední rekultivace	Sukcese	Bioindikace	395/1992 Sb.	ČS
Carabidae							
<i>Abax Parallelepipedus</i>				X	A	B	B
<i>Amara aenea</i>			X		E	B	B
<i>Amara convexior</i>	X	X		X	E	B	B
<i>Amara praetermissa</i>				X	A	B	B
<i>Amara similata</i>		X	X		E	B	B
<i>Anchomenus dorsalis</i>		X			E	B	B
<i>Brachinus crepitans</i>	X	X		X	E	O	B
<i>Carabus convexus</i>	X	X	X	X	A	B	B
<i>Carabus nemoralis</i>	X	X	X	X	A	B	B
<i>Harpalus honestus</i>				X	A	B	B
<i>Harpalus rubripes</i>		X			E	B	B
<i>Harpalus rufipes</i>		X		X	A	B	B
<i>Leistus rufomarginatus</i>	X				R	B	B
<i>Licinus depressus</i>		X	X		A	B	B
<i>Limodromus assimillis</i>		X			A	B	B
<i>Microlestes maurus</i>		X			E	B	B
<i>Microlestes minutulus</i>				X	E	B	B
<i>Nebria brevicollis</i>				X	A	B	B
<i>Notiophilus palustris</i>		X	X		E	B	B
<i>Ophonus azureus</i>				X	E	B	B
<i>Panageus bipustulatus</i>	X				A	B	B

<i>Poecilus cupreus</i>		X			E	B	B
<i>Poecilus versicolor</i>		X	X		E	B	B
<i>Pterostichus macer</i>		X			A	B	B
<i>Pterostichus melanarius</i>		X	X		E	B	B
<i>Pterostichus niger</i>	X		X		A	B	B
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>			X		A	B	B
<i>Syntomus truncatellus</i>		X			A	B	B
Celkem nalezeno druhů na zkoumané lokalitě	7	17	10	11		1	0

Během sezóny 2020 bylo dohromady odchyceno 320 jedinců střevlíkovitých ve 42 druzích. Z toho se 23 druhů nacházelo v dolech Bílina a 28 druhů v dolech Nástup Tušimice. Nejvyšší počet jedinců byl zachycen na stanovišti Pruněřov VII s počtem 90 jedinců a nejvyšší počet druhů na stanovišti Merkur V, a to 17 druhů. Naopak nejméně druhů bylo zachyceno na stanovišti Václav II, kde byly pouze 4 druhy.

Během výzkumů se podařilo chytit jeden reliktní druh střevlíčka *Leistus rufomarginatus* (Duftschmidt, 1812) na stanovištích Merkur I a Václav II. Dále bylo nalezeno 18 adaptibilních a 23 eurytropních druhů. Poměrně často (na ½ zkoumaných stanovišť) se vyskytuje zvláště chráněný druh *Brachinus crepitans*.

5.1 Podobnost lokalit dle Jaccardova indexu

Nejvyšší hodnota podobnosti stanovišť byla zjištěna mezi lokalitami Merkur V Turmerity a Pruněřov VIII, a to 35 %. Tento vztah je zajímavý, protože stanoviště Merkur V bylo ponecháno přírodní sukcesi a Pruněřov VIII je středně stará rekultivace. Naopak nejmenší 0 % podobnost byla zjištěna dvakrát. V prvním případě jde o podobnost mezi lokalitami Merkur V a Radovesice XVII B, které obě vznikly přírodní sukcesí. V druhém případě mezi lokalitami Merkur V a Václav II, která je starou lesnickou rekultivací.

Z 28 kombinací porovnávání všech lokalit jen jedna přesahovala 30 %, osm výsledků přesahovalo 20 %, šest výsledků přesahovalo nebo se rovnalo 10 % a v třinácti případech nebylo podobných téměř vůbec (pod 10 %). To značí obecně nízkou vzájemnou podobnost stanovišť.

Tabulka 3: Druhová podobnost zkoumaných stanovišť dle Jaccardova indexu.

Merkur I	Merkur V	Pruněřov VIII	Pruněřov XI	Radovesice XVII B	Radovesice VI-XI	Václav II	Pokrok II
Merkur I	20,00%	21,43%	28,57%	6,25%	9,09%	22,22%	18,75%
	Merkur V	35,00%	21,74%	0,00%	4,76%	0,00%	20,83%
		Pruněřov VIII	10,53%	5,26%	7,14%	7,69%	10,00%
			Pruněřov XI	5,00%	6,67%	7,14%	21,05%
				Radovesice XVII B	7,14%	16,67%	15,79%
					Radovesice VI-XI	12,50%	21,43%
						Václav II	6,67%

5.2 Dominance

Zastoupení dominance druhů na osmi zkoumaných stanovištích bylo klasifikováno pomocí pětičlenné stupnice (E, D, S, R, SR) podle Lososa et al. (1984). Všechny výsledky byly vypočítány pro rok 2020.

E = Eudominantní druh – více než 10 % jedinců vzorku

D = Dominantní druh – 5-10 % jedinců vzorku

S = Subdominantní druh – 2-5 % jedinců vzorku

R = Recedentní druh – 1-2 % jedinců vzorku

SR = Subrecedentní druh – méně než 1 % jedinců vzorku

Na první lokalitě **Radovesice XVII B** bylo odchyceno celkem 23 jedinců s jednotlivým zastoupením druhů podle stupnice dominance:

Eudominantní druhy (50 %) s pěti zástupci: *Amara makolskii*, *Calathus erratus*, *Leistus ferrugineus*, *Nebria brevicollis*, *Trechus obtusus*

Dominantní druhy (10 %) s jedním zástupcem: *Calathus melanocephalus*

Subdominantní druhy (40 %) se čtyřmi zástupci: *Bembidion lampros*, *Bembidion obtusum*, *Clivina fossor*, *Pterostichus obtusus*

Recedentní a subrecedentní druhy nebyly zaznamenány.

Na druhé lokalitě **Radovesice VI – XI** bylo odchyceno jen 6 jedinců s jednotlivým zastoupením druhů podle stupnice dominance:

Eudominantní druhy (100 %) se všemi pěti zástupci: *Badister bullatus*, *Carabus violaceus*, *Harpalus rufipes*, *Pseudoophonus rufipes*, *Oterostichus niger*

Ostatní skupiny nebyly zaznamenány.

Na třetí lokalitě **Václav II** bylo odchyceno celkem 13 jedinců s jednotlivým zastoupením druhů podle stupnice dominance:

Eudominantní druhy (100 %) se všemi čtyřmi zástupci: *Leistus rufomarginatus*, *Loricera pillicornis*, *Nebria brevicollis*, *Pterostichus niger*

Ostatní skupiny nebyly zaznamenány.

Na čtvrté lokalitě **Pokrok II** bylo odchyceno 66 jedinců s jednotlivým zastoupením druhů podle stupnice dominance:

Eudominantní druhy (33,33 %) se čtyřmi zástupci: *Brachinus crepitans*, *Harpalus rubripes*, *Leistus ferrugineus*, *Pterostichus niger*

Dominantní druhy (25 %) se třemi zástupci: *Microlestes maurus*, *Notiophilus palustris*, *Pseudoophonus rufipes*

Subdominantní druhy (16,67 %) se dvěma zástupci: *Harpalus rufipes*, *Ophonus azureus*

Recedentní druhy (25 %) se třemi zástupci: *Amara makolskii*, *Microlestes minutulus*, *Philorhizus crucifer*

Subrecedentní druhy nebyly zaznamenány.

Na páté lokalitě **Merkur I** bylo odchyceno 28 jedinců s jednotlivým zastoupením druhů podle stupnice dominance:

Eudominantní druhy (28,57 %) se dvěma zástupci: *Carabus convexus*, *Carabus nemoralis*

Subdominantní druhy (71,43 %) s pěti zástupci: *Amara convexior*, *Brachinus crepitans*, *Leistus rufomarginatus*, *Panagaeus bipustulatus*, *Pterostichus niger*

Dominantní, recedentní ani subrecedentní druhy nebyly zaznamenány.

Na šesté lokalitě **Merkur V** bylo odchyceno celkem 38 jedinců s jednotlivým zastoupením druhů podle stupnice dominance:

Eudominantní druhy (17,65 %) se třemi zástupci: *Amara convexior*, *Brachinus crepitans*, *Carabus nemoralis*

Dominantní druhy (11,76 %) se dvěma zástupci: *Carabus convexus*, *Syntomus truncatellus*

Subdominantní druhy (70,59 %) s dvanácti zástupci: *Amara similata*, *Anchomenus dorsalis*, *Harpalus rubripes*, *Harpalus rufipes*, *Licinus depressus*, *Limodromus assimillis*, *Microlestes maurus*, *Notiophilus palustris*, *Poecilus cupreus*, *Poecilus versicolor*, *Pterostichus macer*, *Pterostichus melanarius*

Recedentní a subrecedentní druhy nebyly zaznamenány.

Na sedmé lokalitě **Pruněrov VIII** bylo odchyceno celkem 90 jedinců s jednotlivým zastoupením druhů podle stupnice dominance:

Eudominantní druhy (30 %) se třemi zástupci: *Carabus convexus*, *Carabus nemoralis*, *Poecilus versicolor*

Subdominantní druhy (50 %) s pěti zástupci: *Amara similata*, *Notiophilus palustris*, *Pterostichus melanarius*, *Pterostichus niger*, *Pterostichus oblongopunctatus*

Recedentní druhy (20 %) se dvěma zástupci: *Amara aenea*, *Licinus depressus*

Dominantní a subrecedentní druhy nebyly zaznamenány.

Na osmé lokalitě **Pruněrov XI** bylo odchyceno celkem 52 jedinců s jednotlivým zastoupením druhů podle stupnice dominance:

Eudominantní druhy (18,18 %) se dvěma zástupci: *Carabus nemoralis*, *Nebria brevicollis*

Dominantní druhy (9,09 %) s jedním zástupcem: *Harpalus honestus*

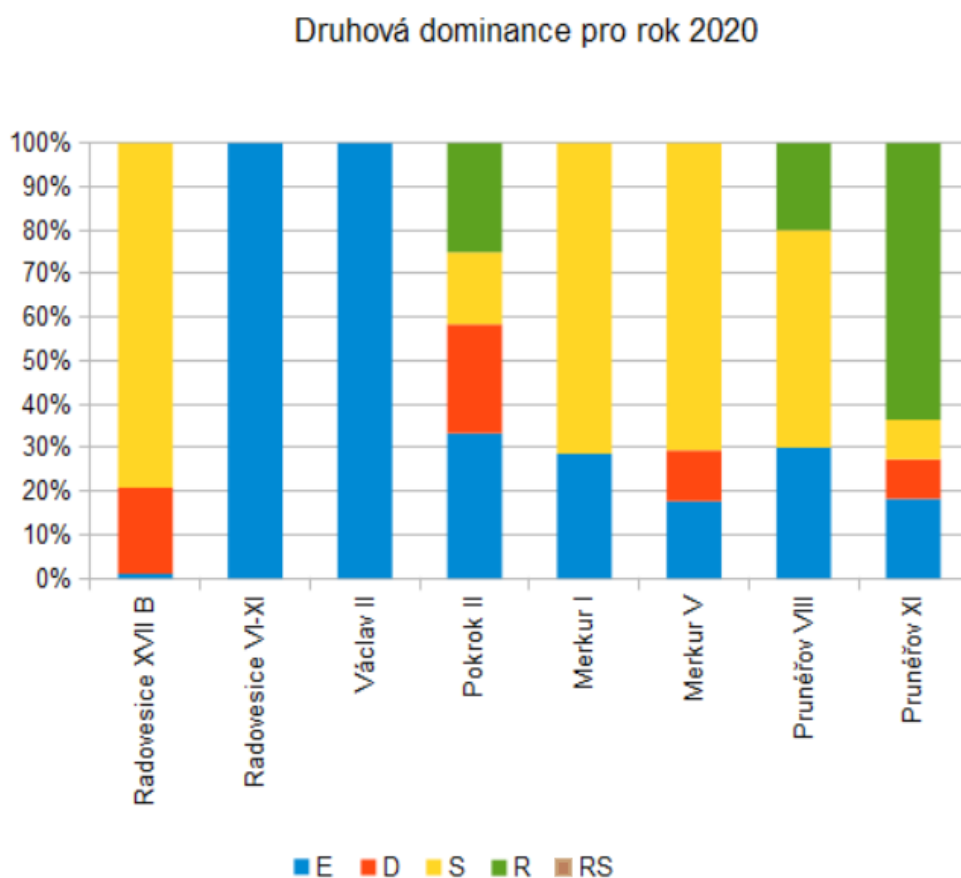
Subdominantní druhy (9,09 %) s jedním zástupcem: *Abax parallelepipedus*

Recedentní druhy (63,64 %) se sedmi zástupci: *Amara convexior*, *Amara praetermissa*, *Brachinus crepitans*, *Carabus convexus*, *Harpalus rufipes*, *Microlestes minutulus*, *Ophonus azureus*

Subrecedentní druhy nebyly zaznamenány.

Obrázek 15 ukazuje, že byla patrná převaha eudominantních druhů. Na lokalitách Radovesice VI-XI a Václav II to bylo dokonce 100%.

Obrázek 15: Grafické znázornění druhové dominance pro rok 2020

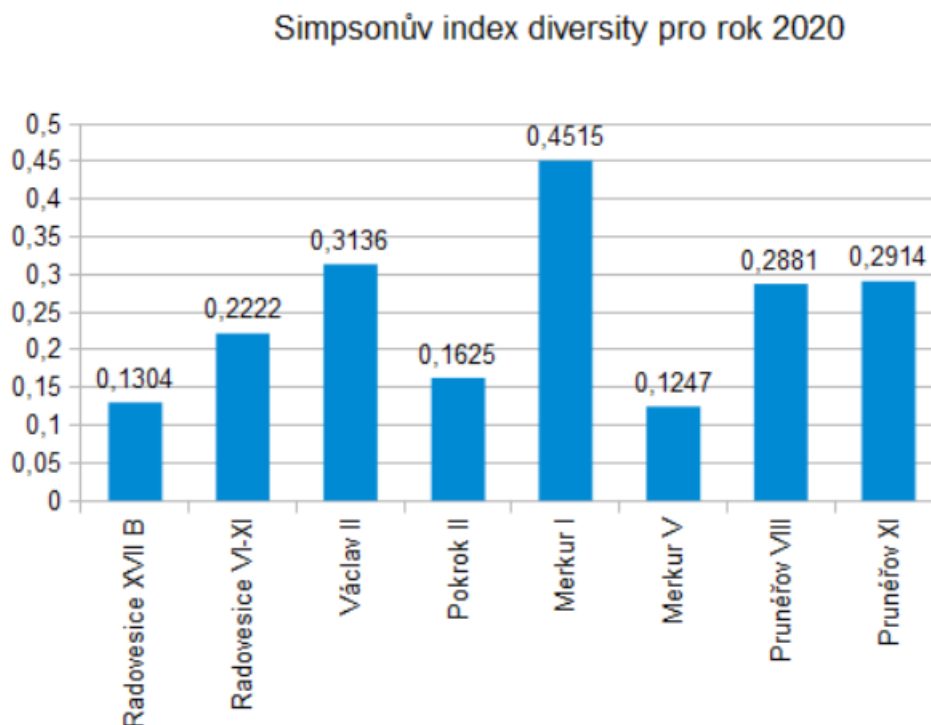


Obrázek 15: Grafické znázornění druhové dominance pro rok 2020

5.3 Simpsonův index diverzity pro rok 2020

Výsledky indexu znázorňuje obrázek 16. Vypočtené hodnoty pro všechny lokality jsou podobné a můžeme z nich vyčíst, že lokality mají spíše větší rozmanitost druhů. Nejvyšší číselnou hodnotu má lokalita Merkur I (0,4515), což znamená nejnížší druhovou pestrost. Naopak nejnížší hodnotu má lokalita Merkur V (0,1247) s nejbohatší faunou.

Obrázek 16: Grafické znázornění indexu diverzity dle Simpsona pro rok 2020



5.4 Rozdělení střevlíkovitých do bioindikačních skupin

Na základě zařazení zjištěných druhů do bioindikačních skupin podle Hůrky et al. (1996) můžeme procentuálně vyhodnotit kvalitu prostředí pro jednotlivé lokality. Bioindikační skupiny jsou **R** (reliktní), **A** (adaptabilní) a **E** (eurytropní).

Na první lokalitě **Radovesice XVII B** bylo zjištěno celkem 10 druhů.

Reliktní skupina neměla žádného zástupce (0 %).

Adaptibilní skupina měla čtyři zástupce (40 %): *Amara makolskii*, *Calathus erratus*, *Nebria brevicollis*, *Pterostichus niger*

Eurytropní skupina měla šest zástupců (60 %): *Bembidion lampros*, *Bembidion obtusum*, *Calathus melanocephalus*, *Clivina fossor*, *Leistus ferrugineus*, *Trechus obtusus*

Na druhé lokalitě **Radovesice VI-XI** bylo zjištěno 5 druhů.

Reliktní skupina neměla žádného zástupce (0 %).

Adaptibilní skupina měla čtyři zástupce (80%): *Badister bullatus*, *Carabus violaceus*, *Harpalus rufipes*, *Pterostichus niger*

Eurytropní skupina měla jednoho zástupce (20 %): *Pseudoophonus rufipes*

Na třetí lokalitě **Václav II** byly zjištěny jen 4 druhy.

Reliktní skupina měla jednoho zástupce (25 %): *Leistus rufomarginatus*

Adaptabilní skupina měla dva zástupce (50 %): *Nebria brevicollis*, *Pterostichus niger*

Eurytropní skupina měla jednoho zástupce (25 %): *Loricera pilicornis*

Na čtvrté lokalitě **Pokrok II** bylo zjištěno 12 druhů.

Reliktní skupina neměla žádného zástupce (0 %).

Adaptabilní skupina měla čtyři zástupce (33,33 %): *Amara makolskii*, *Harpalus rufipes*, *Philorhizus crucifer*, *Pterostichus niger*

Eurytropní skupina měla osm zástupců (66,67 %): *Brachinus crepitans*, *Harpalus rubripes*, *Leistus ferrugineus*, *Microlestes maurus*, *Microlestes minutulus*, *Notiophilus palustris*, *Ophonus azureus*, *Pseudoophonus rufipes*

Na páté lokalitě **Merkur I** bylo zjištěno celkem 7 druhů.

Reliktní skupina měla jednoho zástupce (14,29 %): *Leistus rufomarginatus*

Adaptabilní skupina měla čtyři zástupce (57,14 %): *Carabus convexus*, *Carabus nemoralis*, *Panageus bipustulatus*, *Pterostichus niger*

Eurytropní skupina měla dva zástupce (28,57 %): *Amara convexior*, *Brachinus crepitans*

Na šesté lokalitě **Merkur V** bylo zjištěno celkem 17 druhů:

Reliktní skupina neměla žádného zástupce (0 %).

Adaptabilní skupina měla sedm zástupců (41,18 %): *Carabus convexus*, *Carabus nemoralis*, *Harpalus rufipes*, *Licinus depressus*, *Limodronus assimillis*, *Pterostichus macer*, *Syntomus truncatellus*

Eurytropný skupina měla deset zástupců (58,82 %): *Amara convexior*, *Amara similata*, *Anchomenus dorsalis*, *Brachinus crepitans*, *Harpalus rubripes*, *Microlestes maurus*, *Notiophilus palustris*, *Poecilus cupreus*, *Poecilus versicolor*, *Pterostichus melanarius*

Na sedmé lokalitě **Pruněrov VIII** bylo zjištěno 10 druhů:

Reliktní skupina neměla žádného zástupce (0 %).

Adaptabilní skupina měla pět zástupců (50 %): *Carabus convexus*, *Carabus nemoralis*, *Licinus depressus*, *Pterostichus niger*, *Pterostichus oblongopunctatus*

Eurytropní skupina měla také pět zástupců (50 %): *Amara aenea*, *Amara similata*, *Notiophilus palustris*, *Poecilus versicolor*, *Pterostichus melanarius*

Na osmé lokalitě **Pruněrov XI** bylo zjištěno celkem 11 druhů:

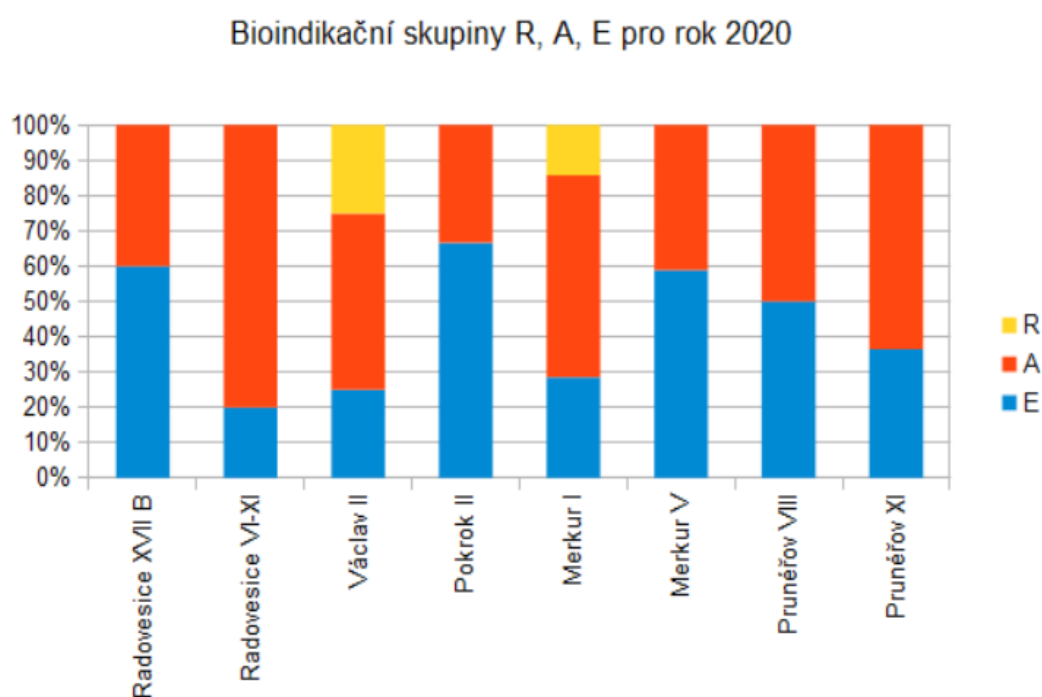
Reliktní skupina neměla žádného zástupce (0 %).

Adaptabilní skupina měla sedm zástupců (63,64 %): *Abax parallelepipedus*, *Amara praetermissa*, *Carabus convexus*, *Carabus nemoralis*, *Harpalus honestus*, *Harpalus rufipes*, *Nebria brevicollis*

Eurytropní skupina měla čtyři zástupce (36,36 %): *Amara convexior*, *Brachinus crepitans*, *Microlestes minutulus*, *Ophonus azureus*

Obrázek 17 ukazuje, že celkově je počet A a E druhů celkem vyrovnaný. Převaha eurytropních druhů je na lokalitách Radovesice XVII B, Merkur V a nejvíce Pokrok II, která se ukazuje jako nejméně kvalitní prostředí. Velkou převahu adaptabilních druhů mají lokality Merkur I, Pruněřov XI a Radovesice VI-XI, které se tak jeví jako nejméně narušené. Některé výsledky však mohou být zkreslené, protože na některých lokalitách bylo nachytán jen malý počet jedinců. Reliktní druh, který indikuje kvalitu prostředí, byl nalezen na dvou lokalitách. Oboje jsou staré stabilní rekultivace, konkrétně lokality Merkur I a Václav II.

Obrázek 17: Procentuální zastoupení bioindikačních skupin R, A, E v roce 2020



6 Diskuze

6.1 Celkový počet druhů

Po těžbě hnědého uhlí vzniknou rozdíly v chemickém složení půdy a vzhledu terénu, které mohou následně ovlivňovat druhovou rozmanitost bezobratlých živočichů. Více druhů střevlíkovitých brouků bylo touto studií s výjimkou stanoviště Pokrok II nalezeno na území ponechaném přirozené sukcesi, než kolik se nacházelo na území vytvořeném technickou rekultivací (srov. Hendrychová et al., 2012) respektive u Dolů Nástup Tušimice se závěry shodují. Zde bylo nejvíce druhů nalezeno v přirozené sukcesi Merkur V – turmerity a druhé druhově nejpočetnější stanoviště bylo Pruněřov XI, v obou případech se jedná o prvky přirozené sukcese. Výsledky u Dolů Bílina již nebyly tak jednoznačné. Zde bylo nejvíce druhů nalezeno ve středně staré rekultivaci Pokrok II a teprve druhá v pořadí je přírodní sukcese Radovesice XVII B. Důvodem může být zkreslení výsledků způsobené nízkými záchyty, které mohlo být zapříčiněno různými faktory. Oficiální metodika podle Absolona et al. (1994) doporučuje pokládat na každou lokalitu 5 zemních pastí, ale v rámci této práce byly použity pouze 2 zemní pasti na lokalitu. Nižší počet pastí byl zvolen kvůli časové náročnosti vybírání a zpracování. Vyšší počet pastí by umožnil zachycení širšího spektra druhů, a také by bylo více rozloženo riziko zničení pastí, ke kterému docházelo ať již náhodně (zvěří, klimatickými jevy) nebo i cíleně člověkem. Přes popsané metodické námítky se však domnívám, že první formulovanou hypotézu můžu potvrdit a celkově přirozené sukcese vykazují mírně vyšší diverzitu střevlíkovitých než plochy rekultivované.

Provedenou studií bylo na území Severočeských dolů celkem zachyceno 42 druhů, z toho na DB 23 a na DNT 28. Stejně lokality byly v roce 2018 hodnoceny Kurečkou (2019). Ten uvádí za delší období sledování (pro roky 2016 – 2018) druhů celkem 51 (pro DB celkem 39 druhů a pro DNT 33), jenže v roce 2018 jich zachytil pouze 25, a to 20 pro DB a 12 pro DNT. Výsledky z roku 2020 ukazují druhově výrazně bohatší zastoupení. Vyplývá z toho, že fauna střevlíkovitých pravděpodobně vykazuje meziroční rozdíly, které mohou souviset s odlišnými klimatickými rozdíly nebo (a to spíše) s rozdíly metodickými (méně časté vybírání pastí, jejich větší poškození, apod.). Úplně nově (navíc k druhům známým za 2016 – 2018) byly v roce 2020 pro území DB zjištěny druhy: *Badister bullatus*, *Bembidion lampros*, *B. obtusum*, *Harpalus rufipes*, *Loricera pillicornis*, *Microlestes maurus*, *m. minutus*, *Ophonus azureus*, *Philorhizus crucifer*, *Trechus obtusus*. Pro DNT jsou úplně nové (navíc k druhům zaznamenaným v období 2016 – 2018) druhy: *Amara aenea*, *A. praetermissa*, *A. simicola*, *Harpalus honestus*, *H. rubripes*, *H. rufipes*, *Leistus rufomarginatus*, *Licinus depressus*, *Limodromus assimilis*, *Microlestes maurus*, *Ophonus azureus*, *Pangaeus bipustulatus*, *Syntomus truncatellus*. Známe tedy po sezóně 2020 nyní pro Doly Bílina celkem 49 druhů a pro Doly Nástup Tušimice 46 druhů. Porovnáme-li dosavadní znalosti o fauně rekultivovaných a sukcesních ploch Severočeských dolů, a. S výsledky autorů, kteří se podobným výzkumem zabývali v nenarušených oblastech ČR, je to velmi slušný výsledek. Například Vitner et Vitner (1987) se zabývali odchycem střevlíků na dolním toku řeky Ohře, kde je velmi příznivé prostředí pro jejich výskyt. Při výzkumu použili i více pastí a zachytili

55 druhů. Vrabec (2016) využil metodu zemních pastí pro porovnání druhů střevlíkovitých dvanácti zámeckých parků a celkem i přes velké geografické rozdíly v lokalizaci stanovišť zjistil 41 druhů. Bylo zachyceno méně druhů, nicméně více významějších z hlediska ochrany přírody. Dále například Kešnerová et al. (2010) zjistila pouhých 28 druhů střevlíkovitých v okolí Babic. Jako další příklady podobných prací z okolí Severočeských dolů a.s. uvedu práci Hendrychové et al. (2008), která ve svém zkoumání uvádí na Chomutovsku 31 druhů střevlíkovitých; Táborský et al. (2005) našli v hřebenové části Krušných hor 78 druhů a Táborský et al. (2003) objevili v dopravním koridoru Komořany – Chomutov celkem 77 druhů. Lze konstatovat, že území rekultivací a ponechaných sukcesí jsou již nyní z hlediska počtu přítomných druhů naprosto srovnatelná s okolím.

6.2 Počty zjištěných druhů podle stáří stanovišť

Stáří stanovišť a počet zachycených druhů v roce 2020 ukazuje shrnující tabulka x. Z ní vyplývá že nejstarší lokality hostily výrazně nižší počet druhů než lokality mladší (Václav II 4 druhy a Merkur I pouze 7 druhů). Podle tohoto výsledku není možné potvrdit druhou formulovanou hypotézu, nicméně zde je na místě jistá opatrnost. Během sezóny došlo na DB na stanovišti Václav II k opakovanému poškození pastí, což mohlo výsledek zkreslit, stejně tak může mít vliv relativní chronologická blízkost let založení stanovišť na DNT. Přesto se příkláním spíše k tomu hypotézu zamítnout.

Tabulka 4. Srovnání počtu druhů střevlíkovitých zjištěných na stanovištích v roce 2020.

Stanoviště	Lokace	Typ	Pravděpodobné stáří (rok založení plochy)	Počet druhů střevlíkovitých
Radovesice XVII B	DB	sukcese	1996	10
Radovesice VI - XI	DB	rekultivace	1999	5
Václav II	DB	rekultivace	1963	4
Pokrok II	DB	rekultivace	1992	12
Merkur I	DNT	rekultivace	? 80. léta	7
Merkur V	DNT	sukcese	1985	17
Pruněrov VIII	DNT	rekultivace	1996	10
Pruněrov XI	DNT	sukcese	1985	11

6.3 Podobnost lokalit podle Jaccardova indexu

Porovnáním lokalit pomocí Jaccardova indexu druhového složení jsem zjistila, že nejpodobnější fauna (35 %) je mezi stanovišti Merkur V - turmerity a Pruněrov VIII.

Výsledek není zcela očekávaný, protože se jedná o spontánní sukcesí (Merkur V) a středně starou rekultivaci (Pruněrov VIII). Obě tyto lokality jsou však svým charakterem vhodné pro osídlování širokým spektrem druhů.

Naopak nejméně podobné lokality byly v prvním případě stanoviště Merkur V - turmerity a Václav II. Zde je výsledek očekávatelný, protože jde o přirozenou sukcesí a starou lesnickou rekultivaci. V druhém případě se znovu objevil Merkur V Turmerity a Radovesice XVII B, kde se jedná v obou případech o přírodní sukcesí. V tomto případě mohl být výsledek zkreslen nízkým záchytem v pastích, spíše se ale přikláním k ovlivnění jinými faktory jako je například rozdílná geografická poloha, nadmořská výška nebo míra expozice. Obdobná velmi malá míra podobnosti (v tomto případě také nejmenší) mezi stejnými lokalitami vyšla též Kurečkovi (2019), v podstatě tedy můžu jeho závěry v tomto případě potvrdit.

6.4 Dominance a zastoupení druhů

Nejpočetnějším druhem z hlediska záchytu celkem byl *Carabus nemoralis* s počtem 55 jedinců nalezených na všech čtyřech stanovištích dolů Nástup Tušimice (Merkur I, Merkur V, Pruněrov VIII, Pruněrov XI). Druhým nejrozšířenějším druhem byl *Carabus convexus* s počtem 49 jedinců, který se také nacházel na všech stanovištích dolů Nástup Tušimice.

Z hlediska rozšířenosti napříč stanovišti je na tom nejlépe *Pterostichus niger*, který se vyskytuje na všech stanovištích Dolů Bílina (Radovesice XVII B, Radovesice VI-XI, Václav II, Pokrok II) a na dvou stanovištích Dolů Nástup Tušimice, a to Merkur I a Pruněrov VIII.

6.5 Index diverzity

Nejvyšší míru diverzity vykazuje stanoviště Merkur V, kdy se jedná o přírodní sukcesí. Na této lokalitě byl také zaznamenán největší počet druhů (17).

Naopak nejnižší míru diverzity má stará rekultivace Merkur I, kde je dlouhodobě malý záchyt jedinců. Tyto výsledky jsou očekávatelné, vzhledem k diverzitě stanovištní, které tato území poskytují.

6.6 Významné druhy

Brachinus crepitans je dle vyhlášky č. 395/Sb. řazen mezi ohrožené druhy. Nalezen byl na stanovištích Merkur I, Merkur V a Pruněrov XI v dolech Nástup Tušimice a na stanovišti Pokrok II Dolů Bílina. Podle Hůrky (1996) se tento druh vyskytuje hlavně na polích a stepích. Většina popsáných lokalit se v současnosti vyznačuje absencí vzrostlých stromů, svažitém

terénem a světlinami. Můžeme odhadovat, že v důsledku zarůstání stanovišť budou v budoucnosti tyto prskavci postupně mizet.

Leistus rufomarginatus byl zachycen na starých rekultivacích (stanoviště Merkur I a Václav II) a byla tak potvrzena informace Kurečky (2019) o jeho přítomnosti v území Severočeských dolů. Podle Hůrky (1996) jde o vzácný druh vyskytující se na Moravě a Slovensku, ale ne v Čechách. Podle doložených prací jde o zastaralé informace, protože tento druh již byl v Čechách spatřen několikrát, i když ne moc hojně. Dá se předpokládat, že se v budoucnu bude více rozšiřovat do Čech směrem z Polska (Vonička et al. 2005) a z jihovýchodu (Veselý, 2009).

7 Závěr

- Tato práce zahrnuje souhrn informací o zastoupení střevlíkovitých brouků (*Coleoptera: Carabidae*) na lokalitách Severočeských dolů. Ty zahrnují technické rekultivace i stanoviště ponechané přirozené sukcesi.
- Výzkum probíhal na osmi stanovištích: Doly Bílina – Radovesice XVII B, Radovesice VI-XI, Václav II, Pokrok II a Doly Nástup Tušimice – Merkur I, Merkur V, Pruněrov VIII, Pruněrov XI. Brouci byli monitorováni pomocí zemních pastí s formalinovou fixází, které byly na každém stanovišti umístěny po dvou.
- Celkem bylo v roce 2020 zjištěno 42 druhů střevlíkovitých.
- První testovaná hypotéza „Přirozené sukcese vykazují větší stabilitu společenstev a hostí širší druhové spektrum než umělé rekultivace.“ byla potvrzena.
- Druhá testovaná hypotéza „Se zvyšujícím se stářím rekultivovaných i sukcesních stanovišť se zvyšuje počet zastoupených druhů. „ potvrzena nebyla. Obě staré lesnické rekultivace (Merkur I, Václav II) vykazují malý počet druhů. Nemožu však vyloučit, že to mohlo být způsobeno i zkreslením výsledku kvůli poškozeným pastem a malým rozdílům ve stáří stanovišť na DNT.
- Pro další průzkum doporučuji užívání většího počtu pastí na každé lokalitě, protože dvě byly nedostatečné a mohlo to způsobit zkreslení výsledků. Pasti byly opakovaně ničeny zvěří, klimatickými podmínkami a lidmi, což při počtu dvou na stanoviště byl problém. Před úmyslným ničením lidmi by možná pomohlo upozornění na probíhající výzkum.

8 Literatura

- Absolon, K., Benda, P., Chrudina, Z., Klaudivová, A., Martiško, J., Pařil, P., Říčanek, M. 1994. Metodika sběru dat pro biomonitoring v chráněných územích. Český ústav ochrany přírody. Praha. 70 p
- Adis, J. 1979. Problems of interpreting arthropod sampling with pitfall traps. *Zool. Ans.*, Jena. **202**. 177-184.
- Avgin, S. S., Luff, M. L. 2010. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators of human impact. *Munis Entomology and Zoology*. **5**(1):209-215.
- Bauer, T. 1982. Predation by a carabid beetles specialized for catching Collembola. *Pedobiologia*. **24**:169-179.
- Bejček, V., Šťastný, K. 1999. Fauna Tušimická. Grada Publishing s.r.o. Praha. 71 p. ISBN: 80-7169-875-X.
- Bejček, V., Cibulka, J., Falešník, M., Kazda, J., Kurfürst, J., Macholdová, E., Náprstek, J., Novák, J., Ondráček, V., Řehoř, M., Sixta, J., Suchý, B., Svoboda, I., Štádler, P., Šťastný, k., Štýš, S., Švejda, J. 2003. Obnova krajiny na Bílinsku a Tušimicku: Rekultivace Severočeských dolů a.s. Severočeské doly. Praha. 237 p. ISBN: 8021315741.
- Bejček, V., Sklenička, P., Šťastný, K. 2006. Lze využít přirozenou sukcesi při rekultivaci výsypek? *Veronica*. **20**(1):1-4.
- Belov, O., Shustov, O., Adamchuk, A., Hladun, O. 2018. Complex processing of brown coal in Ukraine: history, experience, practise, prospects. *Solid State Phenomena*. **227**:251-268.
- Bell, A. J., Phillips, I. D., Floate, K. D., Hoemsen, B. M. & Phillips, C. E. 2014. Effects of Pitfall Trap Lid Transparency and Habitat Structure on the Catches of Carabid Beetles (Coleoptera: Carabidae) in Tame Pasture. *Environmental Entomology*. **43**(1). 139-145.

- Biagini, E. 2016. Study of the equilibrium of air-blow gasification of biomass to coal evolution fuels. *Energy Conversion and Management*. **128**:120-133.
- Biswas, Ch. K., Mishra, S. P., Mukherjee, A. 2014. Diversity and composition of vegetation on aged coalmine overburden dumps in Sonapur Bazar area, Raniganj, West Bengal. *Journal of Environmental Biology*. **35**(1):173-177.
- Bradshaw, A. D. 1997. Restoration of mined lands – using natural processes. *Ecological Engineering*. **8**(4):255-269.
- Bradshaw, A. D., Hüttl, R. F. 2001. Future minesite restoration involves a broader approach. *Ecological Engineering*. **17**(2-3):87-90.
- Brandmayr, T. Z., Puzzo, F., Rocca, E. 1994. Further observations on parental behaviour in *Carterus (Sabienus) calydonius* Rossi (Coleoptera, Carabidae). *Bollettino di zoologia*. **61**:59.
- Bröring, U., Wiegand, G. 2005. Soil Zoology II: Colonization, distribution, and abundance of terrestrial Heteroptera in open landscapes of former brown coal mining areas. *Ecological Engineering*. **24**(1-2):135-147.
- Buchholz, S., Hannig, K. 2009. Do covers influence the capture efficiency of pitfall traps? *European Journal of Entomology*. **106**: 667-671.
- Čísař, V., Číhalík, J., Havránek, J., Kalina, V., Kasalický, V., Kotulán, J., Kvasničková, D., Moldan, B. 1987. *Člověk a životní prostředí*. Státní pedagogické nakladatelství. Praha. 263 p.
- Čermák, P., Kohel, J., Dederá, F. 2002. *Rekultivace ploch devastovaných těžbou nerostných surovin v oblasti Severočeského hnědouhelného revíru*. Výzkumný ústav meliorací a ochrany půdy Praha. Praha. 93 p. ISBN: 8090269052.
- Dontala, S. P., Reddy, T. B., Vadde, R. 2015. Environmental aspects and impacts its migration measures of corporate coal mining. *Procedia Earth and Planetary Science*. **11**:2-7.

- Dvořák, L. 2002. Někteří bezobratlí živočichové sklepů na území západních Čech a Šumavy (Some invertebrates in cellars from the west Bohemia and Bohemian Forest). *Erica*. **10**:97-106.
- Farkač, J., Král, D., Škorpík, M. 2005. Červený seznam ohrožených druhů České republiky – Bezobratlí. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha. 760 p. ISBN:80-86064-96-4.
- Farkač, J., Kopecký, T., Veselý, P. 2006. Využití střevlíkovitých brouků (Coleoptera: Carabidae) fauny Slovenska k indikaci kvality prostředí. *Ochrana přírody*. **25**:226-242.
- Ghannem, S., Touaylia, S., Boumaiza, M. 2018. Beetles (Insecta: Coleoptera) as bioindicators of the assessment of environmental pollution. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*. **24**(2):456-464.
- Gobbi, M., Fontaneto, D. 2008. Biodiversity of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in different habitats of the Italian Po lowland. *Agriculture, ecosystems & environment*. **127**(3-4):273-276.
- Gremlica, T., Vrabc, V., Cílek, V., Zavadil, V., Lepšová, A., Volf, O. 2013. Industriální krajina a její přirozená obnova: Právní východiska a rekultivační metodika oblastí narušených těžbou. *Novela Bohemica*. Praha. 110 p. ISBN: 9788087683101.
- Hejda, R., Farkač, J., Chobot, K. 2017. Červený seznam ohrožených druhů České republiky, Bezobratlí. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. Praha. 611 p. ISBN: 978-80-88076-53-7.
- 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.
- Hodačová, D., Prach, K. 2003. Spoil heaps from brown coal mining: technical reclamation versus spontaneous revegetation. *Restoration ecology*. **11**(3):385-391.
- Hůrka, K., Čepická, A. 1978. Rozmnožování a vývoj hmyzu. Státní pedagogické nakladatelství. Praha. 224 p. ISBN: 14-085-81.

- Hůrka, K. 1992. Střevlíkovití Carabidae I. Academia. Praha. 196 p. ISBN: 80-200-0430-0.
- Hůrka, K. 1996. Carabidae České a Slovenské republiky. Kabourek. Zlín. 565 p. ISBN: 80-901466-2-7.
- Hůrka, K., Veselý, P., Farkač, J. 1996. Využití střevlíkovitých (Coleoptera: Carabidae) k indikaci kvality prostředí. *Klapalekiana*. **32**:15-26.
- Hůrka, K. 2005. Brouci České a Slovenské republiky, Beetles of the Czech and Slovak Republics. Kodiak Print s.r.o. Zlín. 390 p. ISBN: 80-86447-11-1.
- Hykyšová, S. 2008. Akta U – po stopách uhlí. Výzkumný ústav pro hnědé uhlí. Brno. 80 p. ISBN:978-80-254-3546-5.
- Jarolimova, M., Cechova, D., Sachova, P., Komarek, M., Procházka, M. 2015. The effect of coal mining on the environment of the town of Bílina and its surroundings. *Science and Technologies in Geology, Exploration and Mining*. **3**:659-666.
- Javorek, V. 1968. Kapesní atlas brouků. Státní pedagogické nakladatelství. Praha. 256 p. ISBN: 14-856-68.
- Kabrna, M. 2011. Studies of land restoration on spoil heaps from brown coal mining in the Czech Republic – a literature review. *Journal of Landscape Studies*. **4**:59-69.
- Kešnerová, L., Vrabec, V., Černý, L. 2010. Příspěvek k poznání fauny střevlíkovitých brouků (Coleoptera:Carabidae) reflecting environmental conditions. *ZooKeys*. **100**:287-317.
- Konvička, M. 2012. Postindustriální stanoviště z pohledu ekologické vědy a ochrany přírody. In: Tropek, R., Řehounek, J. Bezobratlí postindustriálních stanovišť: význam, ochrana a management. Calla. České Budějovice. 9-17. ISBN: 9788086668239.
- Kotze, D. J., Brandmayr, P., Casale, A., Dauffy-Richard, E., Dekoninck, W., Koivula, M. J., Zetto, T. 2011. Forty years of carabid beetle research in Europe – from taxonomy, biology, ecology and population studies to bioindication, habitat assessment and conservation. *ZooKeys*. **100**:55.

- Krumbiegel, I. 1960. Die Rudimentation. Fischer Verlag. Stuttgart. 143 p.
- Kryl, V., Fröhlich, E., Sixta, J. 2002. Zahlázení hornické činnosti a rekultivace. VŠB – Technická univerzita Ostrava. Ostrava. ISBN: 80-248-0111-6.
- Kučera, T. 2005. Červená kniha biotopů České republiky.
Dostupné z <<http://users.prf.jcu.cz/kucert00/CKB/>> (citováno: 23.4.2021)
- Kurečka, M. 2019. Střevlíkovití brouci rekultivovaných ploch různého stáří (diplomová práce). Msc.depon.in Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 71 p.
- Kvaček, Z., Böhme, M., Dvořák, Z., Konzalová, M., Mach, K., Prokop, J., Rajchl, M. 2004. Early Miocene freshwater and swamp ecosystems of the Most Basin (northern Bohemia) with particular reference to the Bílina Mine section. *Journal of Geosciences*. **49**(1-2):1-40.
- Lindenmayer, D. B., Margules, Ch. R. 2000. Indicators of biodiversity for ecologically sustainable forest management. *Conservation Biology*. **14**(4):941-950.
- Losos, B., Gulička J., Lellák, J., Pelikán, J. 1984. Ekologie živočichů. Státní pedagogické nakladatelství. Praha. 316 p. ISBN: 14-174-85.
- Lovei, G. L., Sunderland, K. D. 1996. Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Annual review of entomology*. **41**(1):231-256.
- Luff, M. L. 1993. The Carabidae (Coleoptera) larvae of Fennoscandia and Denmark. *Fauna Entomologica Scandinavica*. **27**:1-187.
- Luxa, J. 2002. Doly Bílina: historie posledního a největšího lomu na Bílinsku. Vydavatelství NIS. Teplice. 223 p. ISBN: 80-238-9890-6.
- McCravy, K. W., Willand, J. E. 2007. Effects of pitfall trap preservative on collections of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae). *The Great Lakes Entomologist*. **40**(3-4):6.

Ondráček, V. d.n. Historie, současnost a perspektivy rekultivačních prací na lokalitách Severočeských dolů a.s.

Dostupné z: <https://slon.diamo.cz/hpvt/2011/_Zahlaz/Z%2009.pdf > (citováno 23.4.2021)

Orendt, C., Wofram, G., Adámek, Z., Juranda, P., Schmitt-Jansen, M. 2012. The response of macroinvertebrate community taxa and functional group to pollution along a heavily impacted river in Central Europe (Bílina River, Czech Republic). *Biologica*. **67**(1):180-199.

Pešek, J. 2010. Terciární pánve a ložiska hnědého uhlí České republiky. Česká geologická služba. Praha. 438 p. ISBN: 978-80-7075-759-8.

Pešek, J., Sivek, M. 2012. Uhlonosné pánve a ložiska černého hnědého uhlí České republiky. Česká geologická služba, Praha. 199 p. ISBN: 9788070758007.

Pokorný, V. 2002. Atlas brouků. Nakladatelství Paseka. Praha. 144 p. ISBN: 80-7185-484-0.

Prach, K., Pyšek, P. 2001. Using spontaneous succession for restoration of human-disturbed habitats: Experience from Central Europe. *Ecological Engineering*. **17**:55-62.

Prach, K. 2009. Ekologie obnovy narušených míst I. Obecné principy. *Živa*. **1**:22-25.

Prach, K. 2015. Výsypky. In: Řehounek J., Řehouňková, k., Tropek, R., Prach, K. Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi. Calla. České Budějovice. 15-43. ISBN: 9788087267134.

Primack, R. B. 2001 Biologické principy ochrany přírody. Portál. Praha. 352 p. ISBN: 8071785520.

R-Princip s.r.o. 1997. Hnědé uhlí v České republice. Pulford s.r.o. Praha. 28 p. ISBN: 80-85842-08-4.

Rainio, J., Niemelä, J. 2003. Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation*. **12**:487-506.

- Ribera, I., Foster, G. N., Downie, I. S., McCracken, D. I., Abernethy, V. J. 1999. A comparative study of the morphology and life traits of Scottish ground beetles (Coleoptera, carabidae). *Annales Zoologici Fennici*. **1**:21-37.
- Ristović, M. I., Stojaković, P. M., Vulić, I. M. 2010. Recultivation and sustainable development of coal mining in Kolubara Basin. *Thermal Science*. **14**(3):759-772.
- Rudolph, R. 1970. Ökenthologische und funktionsmorphologische Untersuchungen an *Nebria complanata* L. (Col. Car.). *Forma et Functio*. **2**:189-237.
- Řehounek, J., Řehounková, K., Prach, K. 2010. Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými depomiemi. Tiskárna PROTISK. s.r.o. České Budějovice. 172 p. ISBN: 978-80-87267-09-7.
- Říha, M., Stoklasa, J., Lafarová, M., Dejmal, I., Marek, J., Pakosta, P. 2005. Územní ekologické limity těžby v SHP. Společnost pro krajinu. Praha. 54 p. ISBN: 80-903663-0-9.
- Schwörbel, J. 1994. *Methoden der Hydrobiologie – Süßwasserbiologie*. Neubearbeitete Auflage. Gustav Fischer. Stuttgart. 368 p. ISBN: 3437307576.
- Stenina, N., Ivina, O., Yakovchenko, M., Lebedev, G. 2020. Disturbed Lands Reclamation Statement in the Territory of the Mokhovsky Coal Mine. *E3S Web of Conferences*. **174**:02003.
- Stottmeister, U., Mudroch, A., Kennedy, C., Matiova, Z., Sanecki, J., Svoboda, I. 2002. Reclamation and regeneration of landscapes after brown coal opencast mining in six different countries. *Remediation of abandoned surface coal mining sites*. Springer. **1**:4-36.
- Sýkorová, Z., Šťastný, J. 2008. Rekultivace jako nástroj obnovy funkce vodního režimu krajiny po povrchové těžbě hnědého uhlí.
- Dostupné z: < <http://www.mze-vyzkum-infobanka.cz/DownloadFile/54260.aspx>>
(citováno: 23.4.2021)

- Vaněk, S. 2005. Čtverce plné střevlíků. *Vesmír*. **1**:18-19.
- Veselý, P., Resl, K., Stanovský, J., Farkač, J., Gracz, F., Kašpar, L., Kmeco, R., Kopecký, T., Křivan, V., Láska, R., Mikyška, A., Mlejnek, R., Moravec, P., Nakládal, O., Prouza, J., Říha, J., Vonička, P., Zúber, M. 2009. Zajímavé nálezy střevlíkovitých brouků (Coleoptera: Carabidae) z České republiky v letech 2002-2006 a doplněk údajů o sběrech z předcházejících období. *Klapalekiana*. **45**:83-116.
- Vitner, J., Vitner, Č. 1987. Comparative study on the carabid fauna of three remnants of inundated forests at the lower reaches of the Ohře river (Coleoptera: Carabidae). *Acta Entomologica Bohemoslovaca*. **84**:185-199.
- Vojar, J., Doležalová, J., Solský, M. 2012. Hnědouhelné výsyvky – nová příležitost (nejen) pro obojživelníky. *Ochrana přírody*. **3**:8-11.
- Dostupné z: <http://www.casopis.ochranaprirody.cz/pece-o-prirodu-a-krajinu/hnedouhelne-vysypky/>
- Vonička, P., Honců, M., Blažej L. 2005. Příspěvek k poznání rozšíření a ekologie střevlíka *Leistus rufomarginatus* (Coleoptera: Carabidae) – nového druhu pro faunu Čech. *Klapalekiana*. **41**: 257-260.
- Vrabec, V., Kurfürst, J., Fechtner, J. 2010. Results of limnological survey of Bilina mine forefield during the years 2007 – 2009. In Kubík, Š., Barták, M. Workshop on animal biodiversity, Jevany. Česká zemědělská univerzita v Praze. Praha. 127-152. ISBN: 9788021321465.
- Vrabec, V. 2016. Střevlíkovití brouci (Coleoptera: Carabidae) vybraných zámeckých parků Čech. *Sborník Muzea Karlovarského kraje*. **24**: 201-224.
- Vráblíková, J., Vráblík, P. 2002. Obnova funkce krajiny po těžbě uhlí. XVI. Československá bioklimatologická konference. Lednice na Moravě. 647-653. ISBN: 80-85813.
- Zahawi, R. A., Reid, J. L., Holl, K. D. 2014. Hidden costs of passive restoration. *Restoration Ecology*. **22**(3):284-287.
- Zahradník, J. 2004. *Hmyz*. Aventinum s.r.o. Praha. 319 p. ISBN: 80-86858-36-7.

Zahradník, J. 2008. Brouci. Aventinum s.r.o. Praha. 288 p. ISBN: 978-80-86858-43-2.

Zahradník, J., Severa, F. 2015. Hmyz. Aventinum s.r.o. Praha. 326 p. ISBN: 9788074420511.

Trautner, J., Geigenmüller, K. 1987. Tiger beetles, ground beetles. Illustrated key to the Cicindelidae and carabidae of Europe. TRIOPIS Verlag. Langen. 488 p. ISBN: 3924333041.

Právní předpisy:

Zákon č. 44/1988 Sb., o ochraně a využití nerostného bohatství (horní zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 17/1992 Sb., o životním prostředí, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny, ve znění pozdějších předpisů.

Zákon č. 134/1999 Sb., Úmluva o biologické rozmanitosti.

Zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech, ve znění pozdějších předpisů.

Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 395/1992 Sb., kterou se provádějí některá ustanovení zákona České národní rady č. 114/1992 Sb., o ochraně přírody a krajiny.