

**Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích
Přírodovědecká fakulta**

**Protiprašná opatření a jejich vliv na biodiverzitu
složišť popílku**

Diplomová práce

Bc. Ilona Černá

Školitel: RNDr. Robert Tropek, Ph.D.

České Budějovice 2014

Černá I. (2014): Protiprašná opatření a jejich vliv na biodiverzitu složišť popílku. [Anti-dustiness measures and their effect on biodiversity of fly ash deposits. Mgr. Thesis, in Czech] 45 p., Faculty of Science, University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Anotace: Práce se zabývá zhodnocením různých protiprašných opatření prováděných na složištích popílku na bezobratlé, kteří tato složiště osidlují. K zabránění prašnosti popílku bývají složiště překryta vrstvou navážky. Práce srovnává množství a abundance druhů uvedených v Červeném seznamu ohrožených druhů a druhů specializovaných na písčité biotopy na plochách popílku, popílku částečně překrytého navázkou, a popílku překrytého navázkou úplně. Z výsledků vyplývá, že pro skupiny, pro které složiště významná, je důležité zachování alespoň malých plošek nepřekrytého popílku.

Annotation: The thesis presents comparison anti-dustiness measures done on fly-ash deposits for several invertebrate groups colonising those deposits. To prevent dustiness, fly-ash is covered by a soil layer. The thesis compares number and abundance of species of any category of Czech Red List of Endangered Species, and species specialized on sandy biotopes on bare fly-ash, fly-ash partially covered by a soil layer and fly-ash covered by soil layer completely. The consequence of results is that at least small patches of bare soil are crucial for rare species.

Prohlašuji, že svoji diplomovou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu citované literatury.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové práce, a to v nezkrácené podobě elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích, 25.4.2014

.....
Bc. Ilona Černá

Poděkování

Děkuji zástupcům elektráren Počerady, Prunéřov a Tušimice za umožnění výzkumu, vstřícný přístup a poskytnuté materiály. Dále bych chtěla poděkovat Robertovi za trpělivost, motivaci, řadu podkladů a dobrých rad, determinaci pavouků a hlavně za zadání této práce. Jakubovi Strakovi, Petru Kočárkovi, Igoru Malenovskému a Filipovi Tichánkovi děkuji za určení materiálu a dobré rady. Dále děkuji Pavlovi Šebkovi za statistické zpracování dat a Martinovi Haisovi za cenný rok učení se s Gisem. Také děkuji rodině, která celých šest let tolerovala můj podivný obor studia. Velký dík patří také členům skupiny Iron Maiden, za vytrvalou podporu při psaní vlastní práce.

OBSAH

ÚVOD.....	1
LITERÁRNÍ REŠERŠE.....	2
Postindustriály a biodiverzita	2
Složisté popílku.....	3
Popílek	3
Využití popílku	5
Zdravotní a environmentální rizika	6
Prašnost.....	7
Biodiverzita složišť	8
Bezobratlí jako bioindikátory	9
Hypotézy:.....	10
METODIKA.....	11
Studované skupiny a jejich kategorizace.....	11
Studovaná složiště	12
Statistické analýzy	14
VÝSLEDKY	15
Analýzy a jejich vizualizace	16
DISKUZE.....	24
ZÁVĚR	31
POUŽITÁ LITERATURA.....	33

ÚVOD

V posledních desetiletích se evropská krajina potýká s významným úbytkem biodiverzity (Thomas a kol. 2004). Míží přirozené biotopy druhů a s nimi s mírným zpožděním i druhy samotné. Odhady rychlosti vymírání se liší podle prozkoumanosti jednotlivých skupin (Pimm a kol. 1995; Thomas a kol. 2004), a děje se tak navzdory stále rostoucí množství peněz investovaných do péče o mizející biotopy a druhy, a někdy i právě v důsledku této péče (Konvička a kol. 2008, Heneberg 2013). Jako hlavní příčiny úbytku druhů jsou nejčastěji jmenovány intenzivní zemědělství (Van Swaay a kol. 2010; Dover a kol. 2011), fragmentace biotopů (Van Swaay a kol. 2010), urbanizace (Clark a kol. 2007), znečištění (Mulder a kol. 2005), globální změna (Settele a kol. 2008) a invazivní druhy (Moron a kol. 2009). Zvláště významný je úbytek druhů raných sukcesních stádií (Thomas a kol. 1994).

Na druhou stranu se objevuje stále více důkazů, že postindustriální stanoviště, jako jsou lomy (Tropek a Konvička 2008, Tropek a kol. 2010), výsypky (Tropek a kol. 2012), pískovny a šterkovny (Lenda a kol. 2012, Heneberg a kol. 2013) a další podobná stanoviště jsou právě takovými biotopy a hostí řadu vzácných druhů.

V rámci této práce se zabývám dalším typem postindustriálních stanovišť, složišti popílku, která dle současného stavu poznání také hostí společenstva vzácných druhů (Tropek a kol. 2013; Kletečka a kol. 2006; Bogusch a Straka 2010; Tropek a kol. in review). Na rozdíl od většiny ostatních postindustriálních stanovišť nelze však složiště ponechat spontánní sukcesí z důvodu prašnosti a obsahu vyluhovatelných polutantů v popílku.

Cílem práce je rozšířit poznatky o diverzitě složišť pěti skupin bezobratlých, zhodnotit vliv protiprašných opatření prováděných na složištích popílku na vzácné druhy bezobratlých a

nakonec navrhnout doporučení jak postupovat při citlivé biologické rekultivaci a dalším nakládání s tímto typem stanovišť.

LITERÁRNÍ REŠERŠE

Postindustriály a biodiverzita

Myšlenka smíření se s antropogenními stanovišti jako přirozenou součástí přírody, poskytující části vzácných druhů nové biotopy, je stará už více než desetiletí (Rosenzweig 2003). Proto byla v poslední době intenzivně studována nejrůznější postindustriální stanoviště, z hlediska jejich významu pro mizející organismy (Ludholm a Richardson 2010). Ze snahy co nejrychleji je rekultivovat a vrátit původnímu účelu, se pozornost obrací k co nejefektivnějšímu zachování nově vzniklých kvalitních stanovišť a jejich dalšímu vhodnému managementu (Heneberg a kol. 2013). Nejvíce úsilí bylo věnováno bývalým těžebnám, které jsou obvykle plošně nejvíce zastoupenými postindustriálními stanovišti v Evropě a některých dalších regionech (Walker 1992). Díky intenzivnímu studiu bývalých těžeben byla objevena ohrožená společenstva mnoha skupin bezobratlých (pavouků [Wheater a kol. 2000], motýlů [Beneš a kol. 2003; Lenda a kol. 2012], vážek [Harabiš a kol. 2013]). I další člověkem nedávno vytvořená stanoviště, jako například brownfields (Eyre a kol. 2003) nebo vojenské újezdy (Warren a Büttner 2008) vykazují co se týče ohrožených druhů podobný trend.

Postindustriální stanoviště jsou zpravidla typická absencí semenné banky a sukcese zde začíná na holém, neúživném substrátu (Vaňková a Kovář 2004; Hodačová a Prach 2003, Ash a kol.1994).

Zároveň bylo mnoha studii prokázáno, že dodnes běžná technická rekultivace vytváří z biotopů s obrovskou hodnotou pro vzácné organismy fádni a pro ochranu přírody bezvýznamná ruderalní stanoviště nebo produkční les (Tropek a kol. 2010). Spontánní nebo

řízená sukcese je ve většině případů mnohem vhodnějším řešením. Předložená práce se zabývá dalším, dosud méně studovaným, typem postindustriálních stanovišť, jimiž jsou složiště popílku.

Složiště popílku

Popílek a další produkty spalování uhlí v tepelných elektrárnách a teplárnách se pro další použití i pro likvidaci ukládají na speciálních skládkách nazývaných podle způsobu ukládání a místních zvyklostí složiště, odkaliště nebo úložiště popílku. Pro jednoduchost ve zbytku práce používám termín složiště popílku, i když se tato práce zabývá výlučně popílkem ukládaným hydraulickým plavením a usazovaným v sedimentačních nádržích, metodou používanou plošně až do 90. let. Na začátku devadesátých let se začaly elektrárny odsiřovat a postupně se přecházelo na technologii ukládání ve formě stabilizátu, směsi produktů odsíření, vody a popílku. Stabilizát po smíchání s vodou a následném vyschnutí ztvdne a vytvoří betonu podobný povrch, naprosto odlišný od popílku ukládaného hydraulickým plavením. Proto se tímto materiálem ve své práci nezabývám.

Popílek

Popílek je nejjemnější frakcí vznikající při spalování uhlí, biomasy a komunálního odpadu v tepelných elektrárnách, teplárnách a spalovnách. V této práci se zabývám pouze popílkem vzniklým ze spalování uhlí.

Během spalovacího procesu se asi 5-10% spalovaného uhlí přemění na popílek (Seshadri a kol. 2013), který postupně opouští spalovací zařízení a je zachycován v mechanických odlučovačích. Velikost částic popílku se obvykle pohybuje mezi 0,1 μm -

100 μm a závisí zejména na teplotě spalování, kvalitě spalovaného uhlí a velikosti jeho částic (uhlí se spaluje rozdrčené) (Seshadri a kol. 2013).

Složení popílku a jeho fyzikální a chemické vlastnosti jsou proměnlivé podle druhu a množství minerálů obsažených ve spalovaném uhlí, teplotě spalování a typu spalovacího zařízení (Adriano a kol. 1980; Basu a kol. 2009). Chemicky popílek tvoří zejména křemičitohlinitá skla s příměsí Ca, Mg, a Fe (Zacco a kol. 2014). Procentuální složení popílku z různých typů uhlí je uvedeno v tabulce 1.

Tab.1: Složení popílku podle typu spalovaného uhlí, převzato ze Zacco a kol. (2014)

Component (wt%)	Bituminous	Sub-bituminous	Lignite	Anthracite
SiO ₂	20–60	40–60	15–45	28–57
Al ₂ O ₃	5–35	20–30	10–25	18–36
Fe ₂ O ₃	10–40	4–10	4–15	3–16
CaO	1–12	5–30	15–40	1–27
MgO	0–5	1–6	3–10	1–4
SO ₃	0–4	0–2	0–10	0–9
Na ₂ O	0–4	0–2	0–6	0–1
K ₂ O	0–3	0–4	0–4	0–4
LOI	0–15	0–3	0–5	1–8

Jako další složky uhelného popílku v Evropě uvádí Moreno a kol. 2005 stopové množství prvků As, B, Ba, Be, Cd, Co, Cr, Cu, Ge, Hg, Li, Mo, Ni, Pb, Rb, Sb, Se, Sn, Sr, Th, U, V a Zn, přičemž rtuť, kobalt a chrom jsou časté (Izquierdo a Querol 2012) a jsou koncentrovány zejména v malých částicích popílku (Adriano a kol. 1980). Hliník je v popílku nejčastěji vázán v nerozpustných hlinitokřemičitých sloučeninách, což silně snižuje jeho dostupnost a tím i biologickou toxicitu (Izquierdo and Querol 2012). Nebezpečí představují popílky vzniklé spalováním komunálního odpadu, kvůli možnému obsahu organických polutantů, zejména polychlorovaných dioxinů (Hinton a Lane 1991).

Popílek ze spalování uhlí není v ČR zařazen v kategorii nebezpečných odpadů (Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 381/2001 Sb.), stejně jako tomu není ani v mnoha jiných zemích Evropy (Euelectric 1999). Uhelný popílek obvykle obsahuje pouze nízká množství dostupných toxických sloučenin. Jejich vyluhovatelnost závisí hlavně na pH (Jankowski a kol. 2006).

Využití popílku

Celosvětově je každý rok vyprodukováno přibližně 750 mil. tun popílku (Blissett a Rowson 2012). Nejvíce dále využívaným typem je uhelný popílek, jehož se v USA z vyprodukovaného množství dále využilo 39%, v EU 15 pak cca 44% (ECOBA 2009, ACAA 2010). Popílek je možné dále použít ve stavebnictví k výrobě pojiv a jiných stavebních materiálů (Blissett a Rowson 2012), dále pak při rekultivačních pracích, k výplni jam po těžbě (ECOBA 2009), v zemědělství ke zlepšení vlastností půdy, dodání důležitých prvků a zlepšení schopnosti půdy vázat vodu (Seshadri a kol. 2013). Přidáním popílku do půdy tak lze v některých oblastech výrazně zvýšit úrodu zemědělských plodin (Chaudhary a kol. 2011, Gond a kol. 2013). Popílek se také používá k odstranění některých kovů z odpadních vod a stabilizaci kontaminovaných půd, při čemž se využívá jeho velkého adsorbčního povrchu, schopného vázat kationty (Ciccu a kol. 2003). Tohoto mechanismu se zatím daří využít například při odstraňování Boru (Otruk a Kavak 2005), arsenu (Ulatovska a kol. 2014) a imobilizaci Cd (Wang a kol. 2014).

Zbytek nevyužitého popílku se skládá. Složiště tohoto dřívě odpadního materiálu jsou většinou situována do blízkého okolí elektráren a tepláren, které se často nachází v blízkosti větších měst (Rauch a kol. 2010). V České republice se nachází 26 velkých tepelných elektráren (s instalovaným výkonem vyšším než 100 MW), tepláren jsou na našem

území desítky (Mach 2011). V okolí těchto objektů se zpravidla nachází jedno nebo více složišť, dle objemu spalovaného uhlí a odbytu popílku jako materiálu (Zacco a kol. 2014).

Zdravotní a environmentální rizika

Jak už bylo popsáno v předchozích kapitolách, popílek ze spalování uhlí není ve většině případů považován za nebezpečný. Environmentálně problematické jsou ale jeho prašnost (Flanders 1999) a popílkem kontaminované odpadní vody z odkalovacích nádrží (Spadoni a kol. 2014).

Látky, které nejsou v popílkův pevně vázány se při kontaktu s vodou, která je polárním rozpouštědlem, z popílku uvolní a ve vodě zakoncentrují. V případě nedostatečného zajištění složiště nebo protržení hráze odkalovací nádrže může dojít k úniku této vody do okolí nebo do spodní vody (Spadoni a kol. 2014, Bednar a kol. 2013). Zároveň organismy, které odkalovací nádrže osídlí (např. vodní bezobratlí a ryby), mohou trpět kvůli vysokému obsahu toxických látek poruchami vývoje, nižšími snůškami nebo jinými problémy (Mayfield a kol. 2013), navíc se látky v tělech vodních živočichů akumulují, což následně ovlivňuje i živočichy na vyšších trofických úrovních (Dyke a kol. 2013, Bryan a kol. 2012). Na druhou stranu se některé organismy dokáží přílišné bioakumulaci toxických látek vyhnout (Wan a kol. 2013) nebo je z těla následně vyloučit (Ward a kol. 2010).

Postupným zánikem odkalovacích nádrží nebezpečí přímého dopadu na živočichy prostřednictvím kontaminované vody samovolně mizí. Z popílku uloženého suchou cestou mimo odkalovací nádrž se sice také postupně vyplavují toxické látky, dešťová voda prosakující složištěm je však jímána a přečišťována a nevyskytuje se volně v krajině. Navíc se obsah solí kovů postupně snižuje. Adriano a kol. (1980) měřili obsah kovů v půdě, do které

byl přidán popílek a v podzemní vodě. Čtyři roky po aplikaci nebyly soli v profilu detekovatelné.

Prašnost

Prašnost představuje největší environmentální riziko popílku. Míra prašnosti závisí jak na charakteristikách samotných částic (jejich velikost, hustota, morfologie, prosychavost) (Hannelmann a Schmidt 2003), tak na směru a síle atmosférického proudění a míře vystavení popílku odnosu větrem (přítomnost větrných bariér, návětrná vs závětrná strana) (Flanders 1999). Podle odhadu EPA (2000) je cca 0,2% ukládaného popílku odváto ze složišť, v USA toto procento v roce představovalo 250 000 tun popílku o velikosti menší než 10 μm , které se dostaly do ovzduší. Vzduchem putují i větší částice (20-30 μm), které jsou většinou nalézány v okolí elektráren (Flanders 1999). Aktuální prašnost závisí také na obsahu vody v substrátu. S klesající vlhkostí stoupá eroze půdy a tím i prašnost (Penate a kol. 2013).

Míra znečištění ovzduší pevnými částicemi sice závisí na vzdálenosti od zdroje znečištění, popílek se ale šíří i na velmi velké vzdálenosti. Pokud se dostane do ovzduší, je běžně detekovatelný ve vzdálenosti i více než 100 km po větru od elektrárny (Flanders 1999). Popílký však mohou putovat i na mnohem větší vzdálenosti. U částic obdobné velikosti byl zaznamenán i přenos přes oceán (Penate a kol. 2013).

Popílek a jiné pevné částice suspendované ve vzduchu negativně ovlivňují zdraví obyvatel. Jejich přítomnost v ovzduší může způsobovat zhoršení průběhu alergií (Barrett a kol. 2011), poškození DNA (Risom a kol. 2005) a je spojováno i s vyšší mírou úmrtnosti (Dockery a kol. 1993). Škodlivost částic je závislá na míře jejich penetrace do dýchacích cest organismu (Liberda a Chen 2013).

Snížení odnosu částic větrem lze významně podpořit vytvořením vegetačního pokryvu, který zpomalí rychlost větru a zlepší stabilitu substrátu (Cowie a kol. 2013). Tato

možnost byla v případě složišť popílku široce studována hlavně co se týče výběru vhodné rostliny, rychle osidlující nehostinný, neúživný substrát (Haynes 2009, Pandey a kol. 2012, Wang a kol. 2013). Jako metoda snižování prašnosti jsou dále používány větrolamy umělé nebo ve formě stromořadí a keřových pásů (Leenders a kol. 2011), nebo geotextilie, které slouží i proti erozi vodní. Velmi důležité je zabraňovat erozi na návětrných svazích (Rickson 2006).

Biodiverzita složišť

Z hlediska bioty byla složiště popílku studována hlavně z pohledu rizik pro životní prostředí (Mayfield a kol. 2013, Dyke a kol. 2013, Bryan a kol. 2012) s důrazem na nutnost jejich minimalizace (Haynes 2009). První komplexnější studii bioty osidlující stanoviště na hydraulicky plaveném popílku z pohledu osidlování nehostinného substrátu několika skupinami (houby, lišejníky, cévnaté rostliny, bezobratlí) a přirozené sukcesí na těchto stanovištích přinesla kniha Kováře (ed.) (2004). I další studie se zabývaly sukcesí na složištích (Vojtíšek 2010, Ash a kol. 2013) a odhalily, že sukcese na složištích nemá jasný směr, může být po dlouhou dobu blokována a vracena a zvýhodněné jsou druhy tolerantní na kovy a druhy klonální.

Z hlediska záchrany biodiverzity bezobratlých přinesli první systematickou studii Tropek a kol. (2013), zabývající se složišti popílku u elektráren Opatovice a Chvaletice ve východních Čechách. Nález mimořádného množství druhů, včetně šesti druhů považovaných za regionálně vyhynulé patnácti kriticky ohrožených (Tropek a kol. 2013, Tropek a kol. in review). Tento výzkum tak potvrdil význam složišť popílku, naznačený dřívějšími studiemi, které dokumentovaly např. hojný výskyt svižníka písčinného (*Cicindela arenaria vienensis*) na složišti elektrárenského popílku na lokalitě Pohůrka v jižních Čechách (Kletečka a kol.

2006), nebo nález 40% druhů zlatěnek (Hymenoptera: Chrysidoidea), včetně 2 druhů považovaných za regionálně vyhynulé a jednoho kriticky ohroženého na relativně malé ploše složiště popílku v Nových Hodějovicích u Českých Budějovic (Halada 2010). Na stejném složišti byl recentně proveden průzkum suchozemských plžů, při kterém byly nalezeny pouze dva druhy schopné tolerovat nehostinný substrát na vnitřní straně složiště (Pech 2013). Silná populace kriticky ohroženého motýla okáče metlicového (*Hipparchia semele*) je známá ze složiště Tušimické elektrárny (Čížek a kol. 2010, Tropek a kol. 2011). Z hlediska mizejících druhů bezobratlých se složiště zdají být zatím nejvýznamnější pro skupinu žahadlových blanokřídlých, právě kvůli velkému počtu zde chycených silně ohrožených druhů (Halada 2010, Tropek a kol. 2013, Tropek a kol. in review, Bogusch a Straka 2010). Na složištích byly nalezeny také někteří vzácní pavouci jako např. kriticky ohrožená pavučinka písečná (*Mecynargus foveatus*), ohrožený slíďák vřesovištní (*Alopecosa fabrilis*), téměř ohrožená snovačka běloskvrnná (*Steatoda albomaculata*) a pavučinka výčnelková (*Metobactus prominulus*) nebo zranitelní slíďák písečný (*Arctosa perita*) a mikarie duhová (*Micaria dives*) (Dolanský 1999, Tropek a Řezáč 2011). Svým charakterem i faunou připomínají složiště popílku váté písky (Tropek a kol. 2013).

Bezobratlí jako bioindikátory

Jako vhodný nástroj na hodnocení kvality biotopu a jejích změn v čase jsou stále častěji využívány některé skupiny bezobratlých díky velkému počtu druhů, velkým abundancím, šíři specializovaných nik, menším nárokům na prostor (ve srovnání s obratlovci) a rychlým reakcím na změny (Droege a kol. 2009). Zároveň populace mnoha skupin hmyzu radikálně poklesly (Thomas a kol. 2004; Biesmeijer a kol. 2006). Při srovnání hmyzu, rostlin a obratlovců na stepi, počty ohrožených druhů hmyzu silně převyšovaly ohrožené druhy

obratlovců a rostlin. Proto by měl hmyz a další bezobratlí hrát klíčovou roli ve vytyčování ochranných priorit (Panzer a kol. 2010).

Hypotézy:

- Složiště popílku budou hostit společenstva vzácných druhů bezobratlých i v další nově studované oblasti.
- Protiprašná opatření na složištích popílku ovlivní potenciál těchto stanovišť hostit vzácné druhy. Různé skupiny bezobratlých budou reagovat na tato opatření různě.

METODIKA

Studované skupiny a jejich kategorizace

Ve studii jsme se zaměřili na pět skupin bezobratlých - žahadlové blanokřídle (Hymenoptera: Aculeata) kromě mravenců, kteří se svou ekologií od zbytku žahadlových blanokřídlych liší, křísy (Hemiptera: Auchenorrhyncha), pavouky (Araneae), pestřenky (Diptera: Syrphidae) a orthopteroidní hmyz (rovnokřídle [Orthoptera], škvory [Dermaptera] a šváby [Blattodea]).

Jednotlivé skupiny se vzájemně odlišují svými životními strategiemi. Žahadloví blanokřídli jsou teplomilní opylovači, žijící samotářsky i sociálně, často hnízdí v zemi a larvy se živí buď zásobami pylu a nektaru nebo jiným hmyzem, který jim dospělci při stavbě hnízda opatří. Křísy jsou početná skupina herbivorního hmyzu, sající rostlinné šťávy, která je schopná změnit svou činností strukturu vegetace, a dokáže rychle osidlovat nové biotopy. Pavouci jsou významnými predátory s různými potravními strategiemi. Mnoho pavouků je silně specializovaných na určitý typ biotopu. Většina dospělců pestřenek jsou generalističtí opylovači, jejich larvy však mají různé strategie - některé žerou mšice a jiný drobný hmyz, parazitující na rostlinách, jiné žijí v eutrofních rybnících, kalužích nebo mrvě. Ve skupině orthopteroidního hmyzu se vyskytují herbivoři i predátoři, převažují však všežravci, žeroucí vegetaci nebo její opad. Většinou jde o teplomilné živočichy, kteří se pohybují po povrchu půdy, v opadu nebo ve vegetaci.

Všichni nasbíraní dospělí jedinci těchto skupin (metoda sběru viz níže) byli specialisty určení do druhů. Pro zhodnocení významu různých typů protiprašných opatření, aplikovaných na složitých popílku pro vzácné bezobratlé, jsme definovali parametry *ochranářského potenciálu* a parametr *specializace na písky*. *Ochranářský potenciál* se odvíjel od kategorií Červeného seznamu ohrožených druhů (RE - regionálně vyhynulý, CR - kriticky ohrožený, EN

- ohrožený, VU - zranitelný, NT - téměř ohrožený, LI - není ohrožený), ve kterých se figurovaly zaznamenané druhy. V rámci *specializace na písky* byly druhy rozděleny do třech kategorií (DS - druh silně specializovaný na váté písky, vyskytující se hlavně na velkých plochách holého písku, téměř se nevyskytující jinde, PS - pískomilný druh, nalézáný ale i na plaveném písku, spraši a jiných jemných substrátech, NS - druh, který není na jemné substráty nijak specializovaný).

Studovaná složiště

Studie byla provedena v jihozápadním cípu Mostecké pánve, oblasti s mírně teplým až teplým klimatem (Quitt [1971] uvádí průměrnou teplotu 8-9°C, roční srážky 550-700 mm). Jedná se o oblast s dlouhou historií osídlení, které zde bylo kontinuálně již od neolitu. Za posledních sto let byla oblast silně ovlivněna těžbou hnědého uhlí, kaolinitu a dalších surovin. Písky se v oblasti vyskytují pouze ve formě aluviálních sedimentů nebo ve formě písků odkrytých při těžbě. Váté písky v této oblasti nejsou (www.geology.cz). V oblasti se vyskytuje několik xerothermních stepních rezervací. Ze západu sousedí oblast s Krušnými horami, na východní straně leží České střeohoří.

Výzkum byl proveden na třech relativně velkých složištích popílku v rámci vymezeného regionu. Složiště popílku elektrárny Počerady (50°25'13"N, 13°39'1"E, 220 m n. m., 560 ha), leží asi 10 kilometrů jihovýchodně od Mostu. Popílek je zde ukládán od roku 1970, nejprve technologií hydraulického plavení, od začátku 90. let se postupně přecházelo na ukládání suchou cestou ve formě stabilizátu (popílek smíchaný s odpadní vodou a produkty odsíření). Změna způsobu ukládání proto stejným způsobem proběhla ve všech tepelných elektrárnách v ČR, v důsledku plošného odsíření elektráren. Hydraulické plavení se používá jen při nouzových stavech nebo odstávkách některých technologií. Složiště popílku Počerady je

přibližně od roku 2000 postupně rekultivováno. V době našeho výzkumu byla asi třetina složiště už rekultivovaná (210 ha z celkových 560 ha) a více než polovina zbylé plochy byla pokryta stabilizátem. Složiště popílku elektrárny Prunéřov Starý Lom (50°25'1"N, 13°16'46"E, 400 m n.m., 100 ha), kam byl ukládán hydraulicky plavený popílek z odkalovacích nádrží, se nachází asi pět kilometrů severně od města Kadaň. Složiště leží v místě bývalého povrchového uhelného dolu. V době výzkumu byla většina plochy složiště již pokryta stabilizátem a připravována na rekultivaci, zbývalo odhadem do 10 ha původního plaveného popílku. Třetím studovaným složištěm je složiště popílku elektrárny Tušimice (50°22'23"N, 13°20'44"E, 285 m n.m., 186 ha). Nachází se asi 5 km od Kadaně. Tepelná elektrárna Tušimice je v provozu od roku 1963, do 90. let zde byl popílek ukládán hydraulickým plavením, po odsíření v roce 1996 se přecházelo na ukládání stabilizátu. V době našeho výzkumu bylo aktivně užíváno zhruba 80 ha složiště. Na konci roku 2010 byla celá sedimentační nádrž překryta navážkou.

Popílek všech tří složišť má pravděpodobně přibližně stejné složení díky tomu, že bylo ve všech případech spalováno uhlí z nedalekého dolu Nástup. Studované plochy byly přibližně stejného stáří asi 10-15 let od skončení ukládání. Studie byla provedena výlučně na místech s plaveným popílkiem, ne se stabilizátem. V současné době žádná ze studovaných ploch na tušimickém a prunéřovském složišti již neexistuje. V případě složiště elektrárny Počerady probíhá schvalování rekultivačního plánu Ministerstvem životního prostředí.

Metoda sběru

Pro srovnání vlivu protiprašných opatření na biodiverzitu a vzácné druhy byly na každém ze složišť chytány studované skupiny bezobratlých na třech typech ploch. První typ, pro zjednodušení dále nazývaný *Popílek*, představuje plochy s holým popílkiem neošetřeným proti

prašnosti. Další dva typy ploch byly správcem složiště ošetřeny tak, aby se zabránilo větrné erozi popílku. První způsob ošetření spočíval v úplném překrytí popílku navážkou zeminy (dále v textu nazýváno *Navážka*), druhý jen v částečném překrytí popílku navážkou, s ponecháním viditelných zbytků popílku ve formě plošek holého popílku pokrývajících cca 20-30% studijní plochy (v textu nazýváno *Směs*). Dále v textu používám pro tyto tři typy ploch označení typ protiprašného opatření.

V rámci každého složiště byly pro každý typ protiprašného opatření vytyčeny tři studijní plochy (celkem tedy bylo na každém složišti 9 studijních ploch). Plochy od sebe byly vždy vzdáleny minimálně několik desítek metrů a byly rozmístěny tak, aby dvě plochy zastupující stejný biotop pokud možno nesousedily. Na každé z ploch bylo položeno 9 Mörickeho pastí (žlutá miska, simulující květ nebo mladé části rostlin, naplněná vodou s detergentem) ve sponu 3x3 metry. Sběry byly prováděny pětkrát za sezónu (21.-23.5.2010, 5.-7.6.2010, 25.-27.6.2010, 30.7.-1.8.2010, 20.-23.8.2010) tak, aby byly co nejlépe pokryty změny druhového spektra během sezóny. Vždy byla snaha sbírat v co nejoptimálnějších počasí (teplota nad 20°C, jasno až polojasno, maximálně mírný vítr).

Statistické analýzy

Ve všech analýzách byly za nejmenší hierarchické jednotky považovány jednotlivé plochy. Všechny všechny misky na ploše byly slity dohromady a bylo s nimi zacházeno jako s jedinou pastí tak, aby nedocházelo k pseudoreplikacím.

Efekt jednotlivých typů protiprašných opatření na *počet druhů na plochu*, *ochranářskou hodnotu* a *specializaci na písky* byly testovány zvláště pro každou ze studovaných skupin. V analýzách byly použity zobecněné lineární modely se smíšenými

efekty (GLMM) s quasi-Poissonovým rozdělením. Všechny analýzy byly provedeny v R 2.14.2 software (R Development Core Team 2011) s použitím `glmmPQL` funkce z balíčku MASS (Venables a Ripley 2002).

Typ protiprašného opatření představoval proměnnou s pevným efektem, jednotlivá složiště popílku představovala náhodné proměnné. *Post-hoc* srovnání rozdílů mezi jednotlivými typy protiprašných opatření byla provedena pomocí Tukeyho testu.

Mnohorozměrné analýzy byly počítány v programu Canoco for Windows 4.5 (ter Braak a Šmilauer 2002). Rozdíly ve druhovém složení bezobratlých nalezených na jednotlivých biotopech byly analyzovány pomocí kanonické korespondenční analýzy (CCA). Byla použita logaritmická transformace druhových dat a *down-weighting* vzácných druhů.

Permutační design odpovídal prostorovému uspořádání vzorků (Monte Carlo permutační test, 999 běhů v plném permutačním modelu, studijní plochy představovaly *split plots*, studovaná složiště byla *whole plots*, obě hladiny byly volně permutované).

VÝSLEDKY

Celkově bylo chyceno a determinováno 15275 jedinců spadajících do 492 druhů. Žahadloví blanokřídli se na tomto počtu podíleli 9577 jedinci ze 319 druhů, křísi 4978 jedinci z 83 druhů, orthopteroidní hmyz 288 jedinci z 22 druhů, pavouci 199 jedinci ze 42 druhů a pestřenky 233 jedinci z 30 druhů. Téměř 27% všech zaznamenaných druhů spadá do některé z kategorií Červeného seznamu ohrožených druhů. Osm druhů bylo zahrnuto v kategorii regionálně vyhynulých (7 žahadlových blanokřídliých a jeden křísi) a jeden druh cvrčka (rovnokřídli) byl považován za vyhynulý pro Čechy (Tropek a Kočárek 2013). Navíc bylo nalezeno 23 kriticky ohrožených (pouze žahadloví blanokřídli), 32 ohrožených (26 žahadlových blanokřídliých, 3 křísi, 3 pavouci), 61 zranitelných (48 žahadlových

blanokřídých, 2 pavouci, 4 pestřenky) a 8 téměř ohrožených (2 křísi, 6 pavouků, 1 ze skupiny orthopteroidního hmyzu) druhů bezobratlých.

Co se týče druhů specializovaných na písky, bylo na lokalitách bylo chyceno 30 druhů specializovaných na váté písky (29 žahadlových blanokřídých a 1 křísi) a 54 druhů preferujících písky a jiné jemné substráty (46 žahadlových blanokřídých, 1 křísi, 1 pavouk, 3 ze skupiny orthopteroidního hmyzu).

Analýzy a jejich vizualizace

A) První skupina analýz testovala, zda typ protiprašného opatření (*Popílek*, *Směs*, *Navážka*) má vliv na celkový počet druhů na plochu, na počet druhů ochránářsky významných a na počet druhů specializovaných na písky pro jednotlivé sledované taxonomické skupiny.

Výsledky průkazných modelů shrnuje obr. 1.

Celkový počet druhů na plochu průkazně závisel na typu protiprašného opatření u všech studovaných skupin (křísi [$F_{2,22}=5,04$; $P=0,015$], orthopteroidní hmyz [$F_{2,22}=11,29$; $P=0,0004$], pavouci [$F_{2,22}=9,90$; $P=0,0009$], pestřenky [$F_{2,22}=13,18$; $P=0,0009$]), kromě žahadlových blanokřídých ($F_{2,22}=2,75$; $P=0,085$). V grafu (obr. 1) jsou uvedeny skupiny s průkaznými rozdíly (písmena e až h).

Pro skupiny s průkaznými rozdíly bylo provedeno *post-hoc* srovnání vlivu jednotlivých typů protiprašného opatření. U křísi (Obr. 1, graf e) se průkazně lišila jen *Směs* od *Popílku* ($F_{2,26}=3,333$; $P=0,00251$). U orthopteroidního hmyzu (Obr. 1, graf f) se mezi sebou průkazně lišily všechny typy, tzn. *Popílek* od *Směsi* ($F_{2,26}=2,458$; $P=0,0362$) i od *Navážky* ($F_{2,26}=4,876$; $P<0,001$) a *Směs* od *Navážky* ($F_{2,26}=2,724$; $P=0,0175$). Největší druhovou bohatost měla *Navážka*, zatímco na *Popílku* se vyskytovalo druhů nejméně. Prakticky shodné byly výsledky

analýz u pavouků (Obr. 1, graf g), kde se lišily počty druhů mezi jednotlivými substráty, přičemž nejbohatší na druhy byla *Navážka*, nejchudší popílek (*Popílek* vs. *Směs* - $F_{2,26}=2,375$; $P=0,0450$; *Popílek* vs. *Navážka* - $F_{2,26}=4,530$; $P<0,001$; *Směs* vs. *Navážka* - $F_{2,26}=2,547$; $P=0,0285$). U pestřenek (Obr. 1, graf h) se *Navážka* s nejnižší druhovou bohatostí průkazně lišila jak od *Popílku* ($F_{2,26}=5,288$; $P<0,0001$), tak od *Směsi* ($F_{2,26}=4,522$; $P<0,0001$)

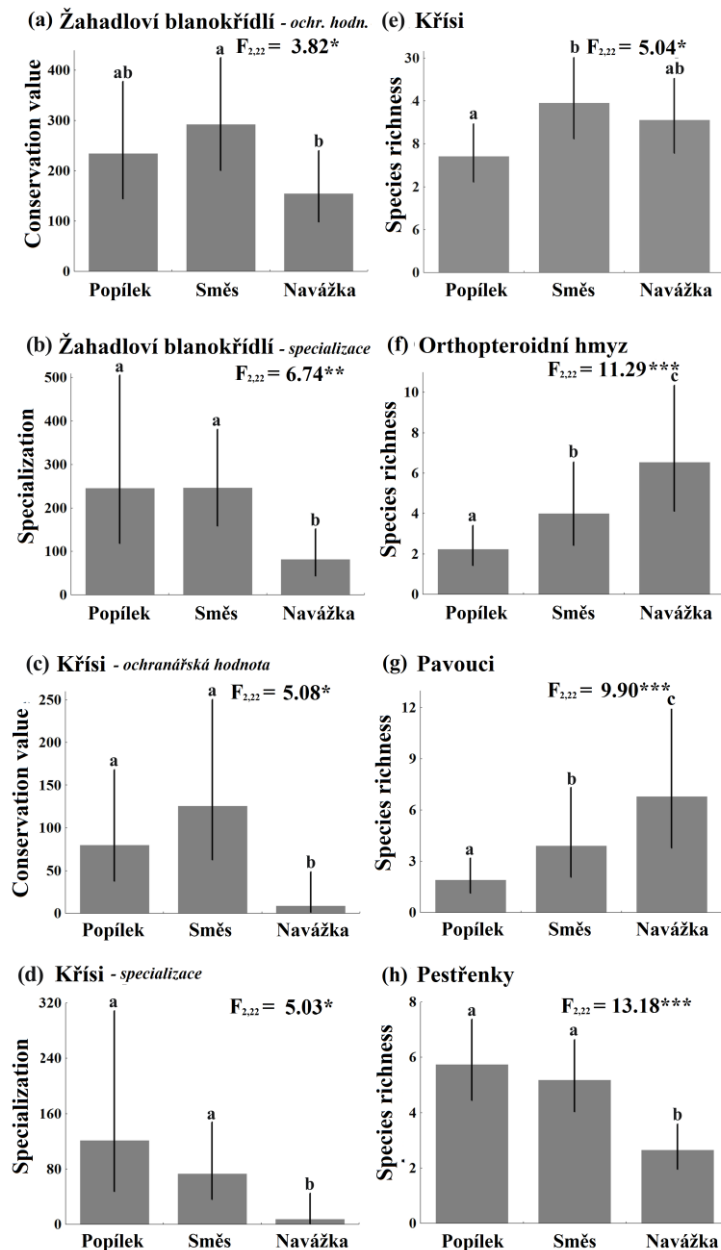
Počty ohrožených a na písky specializovaných druhů byly pro orthopteroidní hmyz a pestřenky nízké (1-4 druhy) a navíc v nízkých abundancích. Proto pro tyto skupiny nebyly provedeny analýzy vlivu protiprašných opatření na druhové spektrum, stejně jako ze stejných důvodů analýzy vlivu protiprašných opatření na výskyt druhů specializovaných na písek.

Počet ohrožených druhů a druhů specializovaných na písky byl ve vztahu k ploše analyzován jen u žahadlových blanokřídlých (viz Obr. 1, graf a, b) a kříšů (viz Obr. 1, graf c, d).

U žahadlových blanokřídlých byl průkazný vliv protiprašného opatření na výskyt ochranný významných druhů (Obr. 1, graf a) ($F_{2,22}=3,82$; $P=0,0375$) i na výskyt druhů specializovaných na písky (Obr. 1, graf b) ($F_{2,22}=6,74$; $P=0,0052$) podobně jako u kříšů (*ochranný významná hodnota* $F_{2,22}=5,07$; $P=0,0154$ [Graf. 1, obr. c]; *specializace na písky* $F_{2,22}=5,02$; $P=0,0159$). U pavouků byla provedena analýza vlivu protiprašného opatření na výskyt ochranný významných druhů, která vyšla neprůkazně ($F_{2,22}=2,14$; $P=0,133$).

Pro skupiny s průkaznými rozdíly bylo opět provedeno *post-hoc* srovnání vlivu jednotlivých typů protiprašného opatření. U žahadlových blanokřídlých byl výskyt ochranný významných druhů průkazně rozdílný pouze mezi *Směsí* a *Navážkou* (Viz obr. 1, graf a) ($F_{2,26}=2,924$; $P=0,00975$). U druhů specializovaných na písky (Obr. 1, graf b) byl průkazný rozdíl mezi *Popílkem* a *Navážkou* ($F_{2,26}=3,696$; $P<0,001$) a mezi *Směsí* a *Navážkou* ($F_{2,26}=3,597$; $P<0,001$). Pro kříšy byl průkazný rozdíl mezi *Popílkem* a *Navážkou* ($F_{2,26}=2,668$; $P=0,01810$) a mezi *Směsí* a *Navážkou* ($F_{2,26}=3,266$; $P=0,00239$) pro ochranný významné druhy (Obr. 1, graf c). Podobně jako pro druhy specializované na písek (Obr. 1,

graf d), kdy významnější byl *Popílek* ($F_{2,26}=3,200$; $P=0,00341$) a *Směs* ($F_{2,26}=2,582$; $P=0,02350$), nežli *Navážka*.



Obr. 1: Celkové počty druhů, počty ochránářsky významných druhů (červený seznam) (*ochránářská hodnota*) a počet druhů specializovaných na písky (*specializace*) pro jednotlivé sledované taxonomické skupiny s ohledem na typ substrátu (*Popílek*, *Směs*, *Navážka*). Pro danou skupinu je uvedena vždy hodnota testu a míra průkaznosti (* $<0,05$; ** $<0,01$;

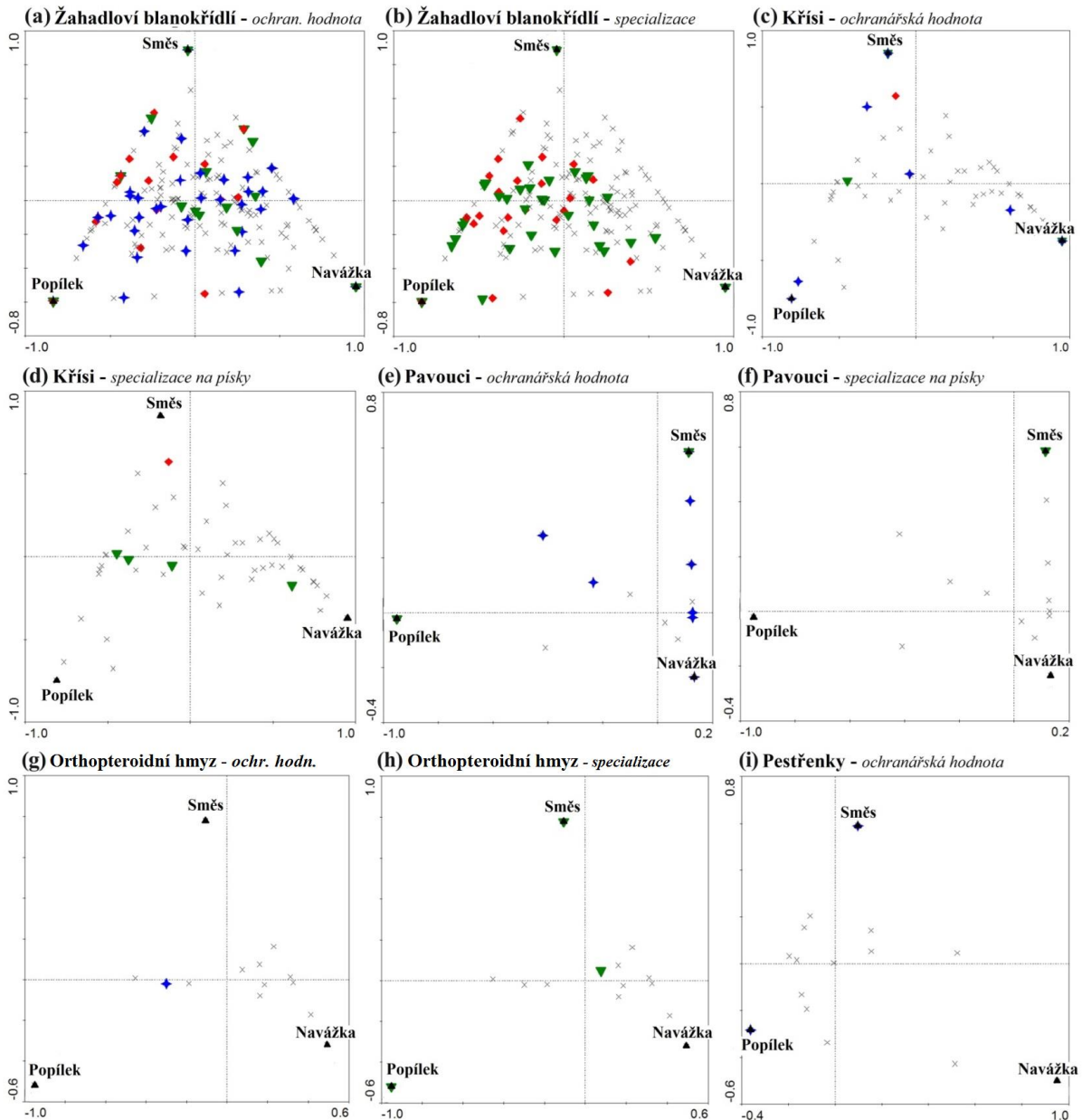
***<0,001). Písmena u jednotlivých protiprašných opatření udávají rozdíl mezi jednotlivými substráty.

B) Dále byly provedeny analýzy pro zjištění afinity druhů studovaných skupin k různým typům protiprašných opatření (Obr. 2). Protiprašná opatření měla u všech studovaných skupin s výjimkou pavouků průkazný vliv (procenta vysvětlené variability a průkaznosti jsou uvedeny v tab.1).

Skupina	První osa: vysvětlená variabilita, F, <i>p</i>	Všechny osy: vysvětlená variabilita, F, <i>p</i>
Žahadloví blanokřídli	17,7%; F=2,56; p=0,001	24,4%; F=1,84; p=0,001
Křísi	35,8%; F=5,23; p=0,001	44,2%; F=3,40; p=0,001
Rovnokřídli	30,5%; F=4,67; p=0,001	35,6%; F=2,82; p=0,001
Pestřenky	26%; F=1,94; p=0,001	40,8%; F=1,60; p=0,001
Pavouci	38,3%; F= 1,17; p=0,12	71,3%; F=1,15; p=0,006

Tab.1: Výsledky kanonické korespondenční analýzy (CCA) vlivu typu protiprašného opatření na spektra druhů studovaných skupin.

V obr. 2 jsou pro každou studovanou skupinu zvlášť v jednom grafu barevně znázorněny jednotlivé kategorie Červeného seznamu (*ochranářská hodnota*) v druhém grafu pak kategorie míry *specializace na písky*. U pestřenek nebyl zaznamenán žádný druh specializující se na písky a proto příslušný graf chybí.



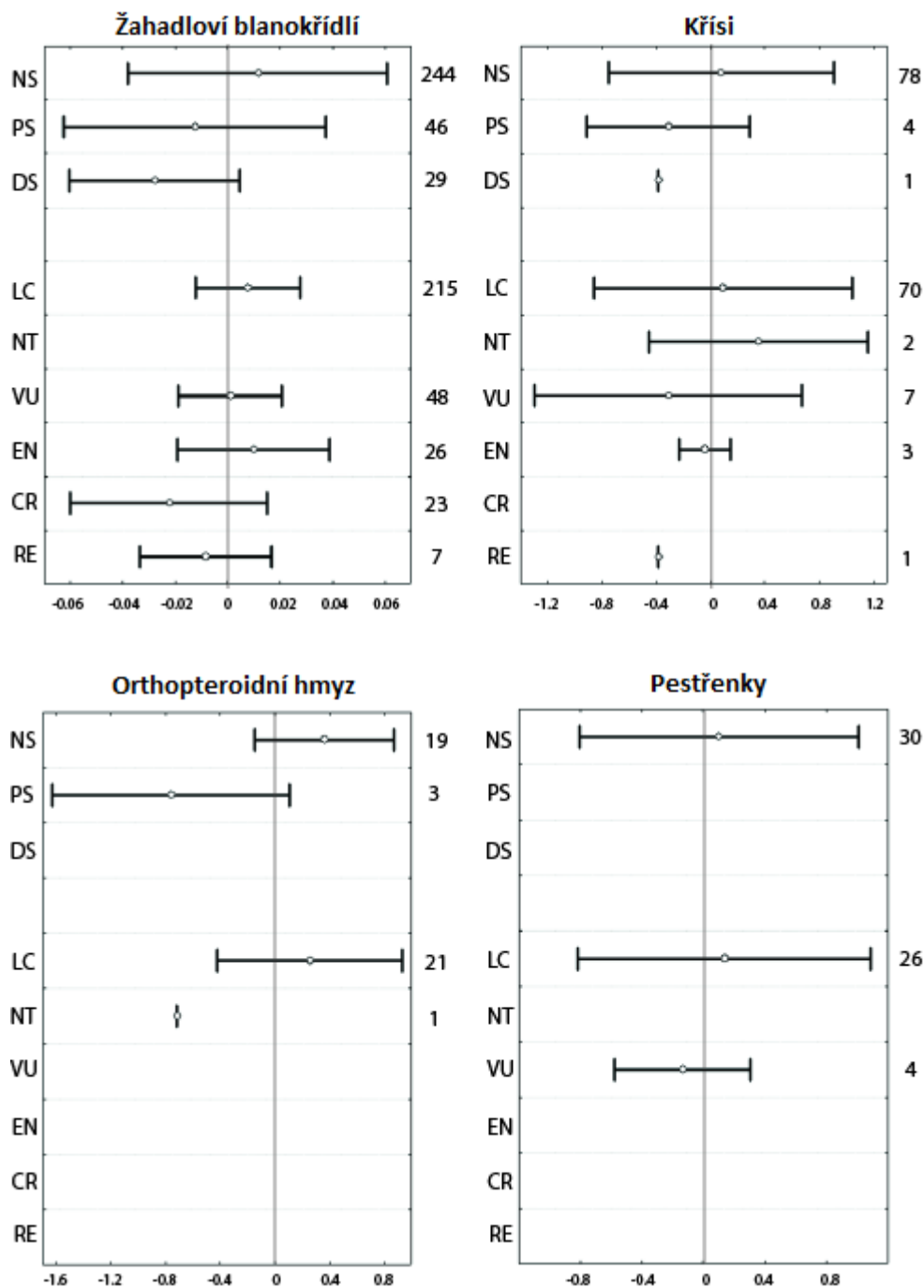
Obr. 2: Grafy kanonické korespondenční analýzy (CCA) znázorňující preference druhů k jednotlivým typům protiprašných opatření. Barevně jsou znázorněny zájmové druhy, zvláště druhy červených seznamů ("*ochranářská hodnota*") a druhy specializované na písky ("*specializace na písky*").

V případě *ochranářské hodnoty* znázorňují červené kosočtverce druhy regionálně vyhynulé a kriticky ohrožené, zelené trojúhelníky druhy ohrožené, modré hvězdičky druhy zranitelné a téměř ohrožené.

V případě *specializace na písky* jsou červeně specialisté na váté písky a zeleně ostatní pískomilné druhy. Černými křížky jsou označeny druhy neuvedené v červeném seznamu a druhy, které nejsou specializované na písky.

První osa všech mnohorozměrných analýz, které vyšly průkazně, vyjadřuje gradient mezi holým popílkem bez příměsi (*Popílek*) a popílkem kompletně překrytým navázkou (*Navázka*). Nejvíce variability vysvětlovala první osa, tedy gradient mezi *Popílkem* a *Navázkou* u pavouků a u kříسů. Naopak nejméně variability vysvětlila jak první osa tak celý model u žahadlových blanokřídlých. Jde o druhově nejpočetnější skupinu, kde velká část druhů byla chycena jen v malém počtu jedinců a mnoho druhů bylo zaznamenáno na všech typech protiprašných opatření.

Specialisté vátých písků a nejvíce ohrožené druhy (kategorie RE a CR) skupiny žahadlových blanokřídlých preferovaly na gradientu *Popílek - Navázka* spíše popílek, nejohroženější kříس se vyskytoval hojně na *Směsi*, která se pro kříсы co se týče složení společenstva charakterem blížila spíše *Popílkou* než *Navázce* (Obr. 2). Preference druhů jednotlivých taxonů na první ose jsou zobrazeny v obr. 3, kde je vidět, že jak zástupci specialistů vátých písků a ostatních pískomilných druhů z řad žahadlových blanokřídlých, kříسů a rovnokřídlých, tak i nejohroženější druhy kříسů a žahadlových blanokřídlých většinou preferovaly *Popílek*.



Obr. 3: Skóre druhů na první ose mnohorozměrných analýz pro skupiny druhy jednotlivých kategorií červených seznamů (RE-LC) a kategorií specializace na písky (DS-NS) na gradientu *Popílek - Navážka* (tzn. čím zápornější hodnota, tím druhy dané kategorie více preferovaly *Popílek*). Zobrazeny jsou průměry pro dané kategorie a jejich směrodatné odchylky. Na pravé

straně každého grafu je u každé relevantní kategorie uveden počet druhů, které se v dané kategorii vyskytovaly.

DISKUZE

Výzkum navazuje na první studii provedenou na složištích popílku ve východních Čechách, při které byla prokázána přítomnost řady ohrožených druhů bezobratlých (Tropek a kol. 2013) a kterou byl prokázán negativní vliv technické rekultivace na ochránářsky významné druhy (Tropek a kol. in review).

Význam složišť dokládá nález sedmi regionálně vyhynulých žahadlových blanokřídlých, z nichž *Andrena nigriceps*, *Chrysis splendidula*, *Nomada kohli*, *Nomada minuscula* a *Nomada mutabilis* ještě nejsou ze složišť známy. Opětovný nález středoevropského endemita kutilky *Nysson hrubanti*, který byl v jednom exempláři nalezen na východočeském složišti a nyní v několika dalších exemplářích na dvou složištích v rámci této studie a hrabalky *Evagetes littoralis*, rovněž známé z východočeských složišť (Tropek a kol. 2013), která byla v několika exemplářích chycena na všech třech složištích na Mostecku, ukazují, že druhy extrémně vzácné, dokáží tato nově vytvořená stanoviště najít a osídlit a jejich přítomnost na složištích není náhodná. Oba zmíněné druhy jsou specializované na váté písky, což spolu s tím, že složiště našlo 29% druhů vázaných na váté písky známých z ČR, podporuje tvrzení Tropeka a kol. (2013), že složiště svým charakterem odpovídají vátým pískům.

U šesti specialistů na váté písky ze skupiny žahadlových blanokřídlých (kriticky ohrožená *Mimumesa littoralis*, ohrožená *Ammophila pubescens*, zranitelní *Bembecinus tridens*, *Crossocerus wesmaeli*, *Dinetus pictus*, a v Červeném seznamu neuvedený *Oxybelus bipunctatus*) a jednoho křísa (regionálně vyhynulý křísek *Pinumius areatus*) se početnosti zaznamenané na složištích pohybovaly ve vyšších desítkách až nižších stovkách jedinců. Velmi početné byly i nálezy dalších druhů Červeného seznamu (Farkač 2005), šesti druhů žahadlových blanokřídlých (*Ammoplanus marathroicus*, *Halictus sexcinctus*, *Lasioglossum*

glabriusculum, *Lindenius pygmaeus armatus*, *Nysson niger*, *Oxybelus haemorrhoidalis*) a dvou kříšů *Circulifer haematoceps*, *Psammotettix poecilus*. Minimálně část zájmových druhů tedy přežívá na složištích v početných populacích, které mohou sloužit jako zdroj migrantů pro osidlování dalších vhodných lokalit (Rösch a kol. 2013). Váté písky v Čechách už téměř zanikly a v Polabí, oblasti s historickým výskytem vátých písků, jich zbyly jen poslední fragmenty (v oblasti podél Labe mezi Nymburkem a Hradcem Králové se vyskytovaly pozůstatky dun o celkové ploše necelých dvou ha) (Tropek a kol. 2013). I srovnání rezervací a přírodních památek chránících písčité biotopy v jiných oblastech než v Polabí se složišti jsou plochy volného písku směšně malé (srovn. např. PP Slepíčí vršek - 1,86 ha; PR Písečný přesyp u Vlkova 0,8 ha [DRUSOP]). Těžiště výskytu těchto druhů se tak nutně posouvá na postindustriální stanoviště (Heneberg a kol. 2013, Tropek a kol. 2013).

Většina druhů Červeného seznamu a druhů specializovaných na písky ze skupiny žahadlových blanokřídlých měla těžiště svého výskytu na plochách s holým *Popíllem* a na *Směsi*, ale téměř vždy bylo chyceno několik exemplářů i na *Navážce*. To odpovídá nárokům této skupiny, využívající obvykle několik sousedících biotopů v doletové vzdálenosti, které musí zahrnovat biotop pro vývoj larev, zdroj potravy pro larvy (pyl a nektar nebo jiné druhy hmyzu) a také živné rostliny pro dospělé (Polce a kol. 2013). Zároveň to skutečnosti, že většina nejohroženějších druhů žahadlových blanokřídlých potřebuje k hnízdění jemný substrát bez vegetace (New 2010), což se neslučuje s převrstvením materiálem s odlišnou strukturou. Větší plocha poskytuje mikrohabitaty většímu počtu žahadlových blanokřídlých (Krauss a kol. 2009).

Doletová vzdálenost většiny druhů včel je odhadována na cca 200 m (Gathmann a Tscharrntke 2002). Proto je velmi pravděpodobné, že *Navážka* velké části specialistů slouží

jako zdroj potravy, jako tomu pravděpodobně je i v případě technické rekultivace složišť, při které je popílek překryt zeminou a osazen běžnou travní směsí (Tropek a kol in review).

Význam složišť podtrhuje křísek *Pinumius areatus*, který byl považován za regionálně vyhynulého. Zároveň jeho nález potvrzuje schopnost křísu osidlovat izolované biotopy, zvláště, pokud se jejich disperze děje v heterogenní krajině, která poskytuje migrujícím jedincům dostatek zdrojů potravy (Roesch a kol. 2013), kterou studovaná oblast bezpochyby je. Druh měl těžiště svého výskytu na plochách *Směsi* na tušimickém složišti a byl zde hojný. Je pravděpodobné, že měl na těchto plochách dostatek živných rostlin, které jsou zdrojem potravy jak juvenilů tak dospělců a jimiž jsou v případě kříska *Pinumius areatus* lipnicovité (*Poaceae*), při zachování vlastností vátých písků, na něž je druh specializovaný (Nickel a kol. 2002). Křísi jsou skupina, která velmi citlivě reaguje na strukturu vegetace, kde dospělci i larvy sají rostlinné šťávy. (Nickel a kol. 2002). Přítomnost nejvýznamnějších druhů na plochách *Popílku* a *Směsi* ukazuje na to, že sukcese na těchto plochách nebyla úplně blokována a podmínky byly dostatečně vhodné pro vytvoření ochránářsky hodnotných stanovišť pro vzácná společenstva křísu.

Nejvýznamnějším druhem skupiny orthopteroidního hmyzu byl cvrček malý (*Modicogryllus frontalis*), druh vyskytující se zejména na jižní Moravě a do 80. let i v Českém Středohoří, kde však od té doby nebyl nalezen i přes to, že po něm bylo intenzivně pátráno (Holuša a kol. 2013). Zaznamenán byl však jen jeden jedinec, z čehož nemůžeme s dostatečnou jistotou vyvozovat, že cvrček malý na složištích preferoval právě *Navážku*, na které byl chycen.

Většina našich ohrožených druhů rovnokřídých, kteří tvoří největší část orthopteroidního hmyzu, se vyskytuje pouze na jižní Moravě (Holuša a kol. 1999), takže je pravděpodobné, že Kadaňsko je za severní hranicí jejich rozšíření. I tak je ale na složištích

druhová diverzita orthopteroidního hmyzu ve srovnání s přirozenými písčiny překvapivě vysoká. Například písčiny studované na jihu Moravy a na Slovensku, oblastech na rovnokřídlé mnohem bohatších, měly od 8 do 34 druhů (Krištín a kol. 2004). Navíc se v blízké oblasti Středohoří vyskytuje z kriticky ohrožených druhů už jen saranče německá (*Oedipoda germanica*), zbytek je nalézán jen na jižní Moravě (Holuša a kol. 1999).

Co se týče pavouků, byla čtvrtina druhů uvedena v nějaké kategorii ohrožení (oproti třetině v Polabí - Tropek a kol. in review) a téměř chyběli specialisté na písčiny. Nalezené druhy Červeného seznamu byli pouze stepní specialisté, což vysvětluje preferenci částečného nebo úplného převrstvení popílku *Navázkou*. Absence píscomilných druhů může naznačovat buď, že jsou pavouci méně úspěšní v osidlování nově vytvořených biotopů, než například žahadloví blanokřídlí, nebo je pro ně čistý popílek příliš nehostinný (Fanta a Siepel 2010). Stejný trend bylo možné sledovat na polabských složištích, kde bylo chyceno jen několik píscomilných druhů a ohrožení pavouci preferovali spontánně zarostlé plochy oproti holému popílku (Tropek a kol in review).

Z velmi malého počtu specializovaných a ohrožených druhů pestřenek lze usuzovat, že pro pestřenky složiště popílku nijak významná nejsou, stejně jak to naznačila už studie z východních Čech, kde bylo chyceno 28 druhů a z nich pouze dva byly ohrožené (Tropek a kol. in review). Ekroos a kol. (2013) uvádějí, že pestřenky jsou oproti jiným opylovačům (motýlům a čmelákům) méně náročné a méně biotopově specifické a jejich lokální diverzita není závislá ani na heterogenitě krajiny ani na vzdálenosti od polopřirozených trávníků. Pestřenky se pravděpodobně spíše než podle typu substrátu orientují podle nabídky potravy pro sebe (kvetoucí rostliny) nebo pro své potomstvo (výkaly, mrva, opad, kolonie mšic) (Rijn a kol. 2013, Dzioc 2006).

Jednotlivá protiprašná opatření hostila co do počtu druhů stejně bohatá společenstva žahadlových blanokřídlých, stejně jako tomu bylo i u dalších skupin při studiích

srovnávajících spontánně zarostlé biotopy s rekultivovanými, což je ale způsobeno množstvím generalistů, kteří pro moderní ochranu přírody nehrají důležitou roli (Tropek a kol. 2008; Samways, McGeoch a New 2009). Prospívají totiž i v okolní krajině a rekultivace je nijak neovlivní.

Obava, že složiště mohou být kvůli svému zvýšenému obsahu těžkých kovů pro vzácné druhy bezobratlých ekologickou pastí není v tomto případě pravděpodobná. Podle teorie extinkčního dluhu (Tilman a kol. 1994; Piqueray a kol. 2011) krátkověké organismy jako je hmyz reagují rychleji na změny v kvalitě biotopu a tím, že jsou na lokalitě hojní znamená, že prospívají. (Rösch a kol. 2013).

Celkově jde shrnout, že zachování alespoň části původního substrátu bylo pro mizející druhy důležité. Úplné překrytí popílku navážkou znemožnilo přístup bezobratlých k jemnozrnnému substrátu, který řada z nich vyžaduje pro rozmnožování (Heneberg a kol. 2013). Navíc byla úplným překrytím zničena mozaika mikrostanovišť, spočívající například v plochách s většími koncentracemi solí, kde je výrazně pomalejší nástup vegetace, nebo je sukcese blokována úplně (viz Kovář 2004). Oproti popílku vyšší obsah živin a jílovitých částic v navážce naopak usnadňují a urychlují osídlení složišť rostlinami, což usnadní tvorbu vegetačního krytu a zabrání větrné erozi (Cowie a kol. 2013, Haynes 2009), ale povede ke zničení stanovišť vzácných druhů, jak se to stalo i u dalších typů postindustriálních stanovišť při technické rekultivaci (Tropek a kol. 2010, 2012; Hodačová a Prach 2003, Hendrychová a kol. 2012) i na složiších popílku (Tropek a kol. in review).

Doporučení pro rekultivaci a následný management

Pro udržení populací druhů specializovaných na písky je vhodné na složištích, kde byl ještě plavený popílek zachován, udržet co nejdéle stávající typy biotopů. Standartní technická rekultivace se snahou o vytvoření produkční louky nebo lesa je zcela nevhodná. Z hlediska

studovaných skupin by bylo ideální ponechat co největší plochy holého popílku samovolné sukcesi s občasnými disturbancemi. To však z hlediska okolního obyvatelstva není možné a vhodným kompromisem se zdá být právě použití protiprašných opatření, bez následné následné technické rekultivace. Částečné překrytí popílku (ideálně na živiny chudou) navážkou zabrání zvýšenému odnosu částic a zároveň usnadní kolonizaci rostlinami (Cowie a kol. 2013, Haynes 2009). Je vhodné podpořit vznikající společenstva importem semen z okolních xerothermních stepí tak, aby se podpořil vznik společenstev bohatých i botanicky a zároveň, aby se alespoň částečně zabránilo osídlení složišť invazními druhy.

Nehostinné podmínky složišť však dokáží tolerovat jen některé rostliny (Ash a kol. 1980), proto by bylo vhodné vyzkoušet i druhy vzdálenějších písčin, které jinak nemají šanci popílku osídlit. Zároveň je ale nutné vytvářet plochy úplně holého popílku bez vegetace např. pojezdem těžkou technikou a lokálně strhávat drn na místech, která nejsou příliš exponovaná větru, aby se případná zvýšená prašnost minimalizovala.

I malé plošky jemnozrného substrátu bez vegetace mohou hostit velké množství vzácných druhů. Například některé druhy včel, skupiny, která patří na složištích k nejvýznamnějším, dokáží na 1 m² písku vytvořit stovky hnízd. (Krauss a kol. 2009). Čím menší ploška, tím rychlejší je její zarůstání z okolí a tím méně je schopna hostit druhů. Proto je třeba udržovat heterogenitu na co největších plochách (Rösch a kol. 2013). Disturbance by musely být v tomto případě časté, aby se plochy určené jako biotop specialistů vátých písků nestihla zazemnit. Bez disturbancí by však relativně malé plochy holého popílku uprostřed vegetací pokrytého okolí rychle zanikly.

Kombinace spontánního vývoje s pečlivě plánovanými disturbancemi, zachování mozaiky odlišně starých sukcesních stadií (vč. těch nejranějších s holým substrátem) se zdá být nejefektivnějším způsobem ochrany ohrožených druhů (Prach and Hobbs 2008, Tropek a kol. 2013). Jak bylo prokázáno u žahadlových blanokřídlých, uměle vytvořené neintenzivní

trávníky mohou poskytovat důležitý zdroj potravy pro nejvzácnější opylovače (Tropek a kol. 2013).

ZÁVĚR

Tato práce ukazuje, že různá intenzita protiprašných opatření měla zásadní vliv na společenstva bezobratlých, obývajících složiště popílku. Druhy Červeného seznamu a druhy specializované na písky se vyskytovaly výrazně častěji na plochách holého popílku a popílku jen částečně překrytého navážkou. Naopak popílku zcela překrytém navážkou se i přes pravděpodobně větší potravní zdroje vyskytovaly méně, což ukazuje, že struktura substrátu spolu s nízkým vegetačním zápojem je pro některé druhy zcela klíčová.

Nález osmi druhů považovaných pro Českou republiku za vyhynulé, jednoho druhu považovaného za vyhynulý pro Čechy, 23 druhů kriticky ohrožených a dalších 101 druhů v dalších kategoriích Červených seznamů ohrožených živočichů zároveň znovu potvrdil význam složišť popílku pro záchranu druhů mizejících z naší krajiny. Jsou však patrné rozdíly v preferencích jednotlivých skupin. Zatímco pro křísy a žahadlové blanokřídlé byla studovaná složiště zcela jistě významným náhradním biotopem, vzácné pestřenky zřejmě složiště nevyhledávají. Sporný je význam pro pavouky, pro které je popílek možná příliš nehostinný. Význam pro orthopteroidní hmyz by stál za další studium.

Druhy vátých písků dokáží najít vhodný nově vzniklá stanoviště i v oblasti, kde se tento typ biotopu historicky nevyskytuje.

Výsledky souhlasí se studii dalšími typů postindustriálních stanovišť, které se stávají těžištěm biodiverzity v dnešní krajině. Složiště plaveného popílku se však, stejně jako biotopy, které složiště nahrazují, stávají vzácnými. Změnila se technologie ukládání a většina složišť v České republice pod rekultivacemi pozvolna zaniká. Jistě je možné některé plochy uchovat a zachovat tak biotopy vzácných druhů. Nicméně mnohem důležitější je naučit se pružně reagovat na vznikající nové biotopy a možnosti, které nám průmyslové činnosti

bezděky poskytují a přestat ničit příležitosti pro mizející organismy pomocí nástrojů vytvořených na ochranu životního prostředí.

POUŽITÁ LITERATURA

- Ash HJ, Gemmell RP, Bradshaw AD (1994) The introduction of native plant species on industrial waste heaps: a test of immigration and other factors affecting primary succession. *Journal of Applied Ecology* 31, 74-84
- Barrett EG, Day KC, Gigliotti AP, Andrew P a kol. (2011) Effects of simulated downwind coal combustion emissions on pre-existing allergic airway responses in mice. *Inhalation Toxicology* 23(13): 792-804.
- Basu M, Pande M, Bhadoria PBS, Mahapatra SC (2009) Potential fly-ash utilisation in agriculture: a global review. *Progress in Natural Sciences* 19: 1173–1186.
- Bednar AJ, Averett JM, Seiter B a kol. (2013) Characterization of metals released from coal fly ash during dredging at the Kingston ash recovery project. *Chemosphere* 92: 1563-1570.
- Beneš J, Kepka P, Konvička M (2003) Limestone quarries as refuges for European xerophilous butterflies. *Conserv Biol* 17: 1058-1069.
- Biesmeijer JC, Roberts SPM, Reemer M a kol. (2006) Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science* 313, 351–354.
- Blissett RS, Rowson NA (2012) A review of the multi-component utilisation of coal fly ash. *Fuel* 97:1–23.
- Bogusch P, Straka J (2011) Žahadloví blanokřídlí. In: Tropek R, Řehounek J (eds.): Bezobratlí postindustriálních stanovišť: Význam, ochrana a management. Calla. České Budějovice. 156 s.
- Bryan AL, Hopkins WA, Parikh JH a kol. (2012) Coal fly ash basins as an attractive nuisance to birds: Parental provisioning exposes nestlings to harmful trace elements. *Environ Pollut* 161, 170-177.
- Ciccu R, Ghiani M, Serci A a kol. (2003) Heavy metal immobilization in the mining-contaminated soils using various industrial wastes. *Minerals Engineering* 16(3): 187-192.
- Clark PJ, Reed JM, Chew FS (2007) Effects of urbanization on butterfly species richness, guild structure, and rarity. *Urban Ecosyst.* 10, 321–337.
- Cowie SM, Knippertz P, Marsham JH (2013) Are vegetation-related roughness changes the cause of the recent decrease in dust emission from the Sahel? *Geophysical Research Letters* 40: 1868-1872.
- Čížek O, Tropek R, Kadlec T a kol. (2010) Zhodnocení stavu populace kriticky ohroženého okáče metlicového (*Hipparchia semele*) na odkališti Elektrárny Tušimice. Msc. depon KÚ Ústeckého kraje, Ústí nad Labem, 4 s.

- Dockery DW, Pope CA, Xu XP a kol. (1993) An association between air-pollution and mortality in 6 United-States cities. *New England Journal of Medicine* 329(24), 1753-1759.
- Dockery DW, Pope CA, Xu XP a kol. (1993) An association between air-pollution and mortality in 6 United-States cities. *New England Journal of Medicine* 329(24): 1753-1759.
- Dolanský J, Kasal P, Antuš M a kol. (1999) Příspěvek k poznání arachnofauny východního Polabí. *Práce a studie* 6, 107–116.
- Dover JW, Spencer S, Collins S a kol. (2011) Grassland butterflies and low intensity farming in Europe. *J. Insect Conserv.* 15, 129–137.
- Droege S, Davis CA, Steiner WE a kol. (2009) The lost micro-deserts of the Patuxent River using landscape history, insect and plant specimens, and field work to detect and define a unique community *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 111 (1), 132 - 144
- Dziocck F (2006) Life-history data in bioindication procedures, using the example of hoverflies (Diptera, syrphidae) in the Elbe floodplain. *International review of Hydrobiology* 91(4): 341-363.
- Ekroos J, Rundlöf M, Smith HG (2013) Trait-dependent responses of flower-visiting insects to distance to semi-natural grasslands and landscape heterogeneity, *Landscape Ecol* 28, 1283–1292.
- Eyre MD, Luff ML, Woodward JC (2003) Beetles (Coleoptera) on brownfield sites in England: an important conservation resource? *J. Insect Conserv.* 7: 223-231.
- Farkač J, Král D, Škorpík M.[eds.] (2005) Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. List of threatened species in the Czech Republic. Invertebrates. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR. 760pp.
- Fečko P, Kušnierová M, Lyčková B, Čablík V, Farkašová A (2003) Popílky. VŠ Báňská, Technická univerzita Ostrava, 187 s.
- Gathmann A; Tschardtke T (2002) Foraging ranges of solitary bees. *Journal of animal ecology.* 71(5): 757-764.
- Gond DP, Singh S, Pal A (2013) Growth, yield and metal residues in *Solanum melogena* grown in fly ash amended soils. *Journal of Environmental Biology* 34: 539-544.
- Halada M (2010) Teplárenské odkaliště Hodějovice. Inventarizační průzkum zlatěnkovitých (Hymenoptera: Chrysididae). Calla, České Budějovice, nepublikovaný manuskript, 7 s.

- Hamelmann F, Schmidt E (2005) Methods for dustiness estimation of industrial powders. *China Particuology* 3(1-2): 90-93.
- Harabiš F, Tichánek F, Tropek R (2013) Dragonflies of freshwater pools in lignite spoil heaps: Restoration management, habitat structure and conservation value. *Ecological Engineering* 55: 51-61.
- Haynes RJ (2009) Reclamation and revegetation of fly ash disposal sites – Challenges and research needs. *J Environ Manage* 90: 43-53.
- Heneberg P (2013) Burrowing bird's decline driven by EIA over-use. *Resources Policy* 38 (4), 542-548.
- Hinton WS, Lane AM (1991) Characteristics of municipal solid waste incinerator fly ash promoting the formation of polychlorinated dioxins. *Chemosphere* 22: 473–483.
- Hodacova D, Prach K (2003) Spoil heaps from brown coal mining: Technical reclamation versus spontaneous revegetation. *Restoration Ecology* 11: 385-391.
- Holuša J, Kočárek P, Vidlička L (1999): Bibliography to the fauna of Blattaria, Mantodea, Orthoptera and Dermaptera of the Czech and Slovak Republics. *Articulata*(14): 145-176.
- Holuša J, Kočárek P, Vlk R a kol. (2013) Annotated checklist of the grasshoppers and crickets (Orthoptera) of the Czech Republic. *Zootaxa* 3616 (5): 437.
- Chaudhary SK, Rai UN, Mishra K a kol. (2011) Growth and metal accumulation potential of *Vigna radiata* L. grown under fly-ash amendments. *Ecological Engineering* 37(10): 1583-1588.
- Izquierdo M, Querol X (2012) Leaching behaviour of elements from coal combustion fly ash: an overview. *Int J Coal Geol* 94: 54–66.
- Jankowski J, Ward CR, French D a kol. (2006) Mobility of trace elements from selected Australian fly ashes and its potential impact on aquatic ecosystems. *Fuel* 85: 243–256.
- Kletečka Z, Blížek J, Grycz F (2006) První nálezy svižníka *Cicindela arenaria viennensis* (Coleoptera: Carabidae) v jižních Čechách. *Sborník Jihočeského Muzea v Českých Budějovicích, Přírodní vědy* 46, 177–180.
- Konvicka M; Beneš J, Čížek O a kol. (2008) How too much care kills species: Grassland reserves, agri-environmental schemes and extinction of *Colias myrmidone* (Lepidoptera : Pieridae) from its former stronghold. *Journal of Insect Conservation* 12 (5), 519-525.
- Kovář P. (ed.) (2004): Natural recovery of human-made deposits in landscape: biotic interactions and ore/ash-slag artificial ecosystems. Academia. Praha.

- Krauss J, Alfert T, Steffan-Dewenter I (2009) Habitat area but not habitat age determines wild bee richness in limestone quarries. *J Appl Ecol* 46: 194-202.
- Kristin A, Kanuch P, Sarossy M (2004) Grasshoppers and crickets (Orthoptera) and mantids (Mantodea) of sand dunes in the Danube lowland (S-Slovakia). *Linzer biol. Beitr* 36/1, 273-286.
- Leenders JK, Sterk G, Van Boxel JH (2011) Modelling wind-blown sediment transport around single vegetation elements. *Earth Surface Processes and Landforms* 36(9): 1218-1229.
- Lenda M, Skorka P, Moron D, Rosin ZM, Tryjanowski P (2012) The importance of the gravel excavation industry for the conservation of grassland butterflies. *Biol Conserv* 148: 180-190.
- Liberda EN, Chen LC (2013) An evaluation of the toxicological aspects and potential doses from the inhalation of coal combustion products. *Journal of the Air & Waste Management Association* 63(6): 671-680.
- Lundholm JT, Richardson PJ (2010) Habitat analogues for reconciliation ecology in urban and industrial environments. *Journal of Applied Ecology* 47: 966–975.
- Mach D (2011) Restoration of Ash-Slag Deposits Emphasizing their Importance for Endangered Organisms. Česká zemědělská univerzita v Praze. Bakalářská práce. 27 pp.
- Malenovský I, Bückle C, Guglielmino A a kol (2013) Contribution to the Auchenorrhyncha fauna of the Pálava Protected Landscape Area (Czech Republic) (Hemiptera: Fulgoromorpha et Cicadomorpha). *Cicadina* 13, 29-41.
- Mayfield DB, Thakali S, Mehler TW a kol. (2013) Ecological effects of Coal Combustion Products (CCPs): A Literature Review of Observed Effects and Considerations for Managing Risks. 2013 World of Coal Ash (WOCA) Conference, Lexington, KY. 16 pp
- Moreno N, Querol X, Andres JM a kol. (2005) Physico-chemical characteristics of European pulverized coal combustion fly ashes. *Fuel* 84:1351–1363.
- Moron D, Lenda M, Skorka P a kol. (2009) Wild pollinator communities are negatively affected by invasion of alien goldenrods in grassland landscape. *Biol. Conserv.* 142, 1322–1332.
- Mulder C, Aldenberg T, De Zwart D a kol. (2005) Evaluating the impact of pollution on plant–Lepidoptera relationships. *Environmetrics* 16, 357–373.
- New TR (2012) Hymenoptera and Conservation. Hoboken: Willey-Blackwell.

- Nickel H, Holzinger WE, Wachmann (2002) Mitteleuropäische Lebensräume und ihre Zikadenfauna (Hemiptera: Auchenorrhyncha). *Denisia* 04, zugleich Kataloge des oö, Landesmuseums, Neue Folge Nr. 176, 279-328.
- Oztruk N, Kavak D (2005) Adsorption of boron from aqueous solutions using fly ash: Batch and column studies. *Journal of Hazardous Material* 127(1-3): 81-88.
- Pandey VC, Singh K, Singh RP a kol. (2012) Naturally growing *Saccharum munja* L. on the fly ash lagoons: A potential ecological engineer for the revegetation and stabilization. *Ecological engineering* 40: 95-99.
- Panzer R, Gnaedinger K, Derkovitz G (2010) The Prevalence and Status of Conservative Prairie and Sand Savanna Insects in the Chicago Wilderness Region. *Natural Areas Journal* 30:73–81.
- Pech P, Fric ZF (2013) Malacofauna on coal – ash settling basins comparison of a functional basin to a basin abandoned for 26 years. *Environment Protection Engineering* 39 (3), 73-85.
- Penate I, Martin-Gonzales JM, Rodriguez G a kol. (2013) Scaling properties of rainfall and desert dust in the Canary Islands. *Nonlinear Processes in Geophysics* 20(6): 1079-1094.
- Pimm SL, Russell GJ, Gittleman JL a kol. (1995) The Future of Biodiversity. *Science* 5222 (269), 347-350.
- Polce C, Termansen M, Aguirre-Gutierrez J a kol. (2013) Species Distribution Models for Crop Pollination: A Modelling Framework Applied to Great Britain. *PLOS* 108 (10), 1-12.
- Rauch O, Kovář P, Tropek R, Řehounek J, Kubelka V, Lepšová A, Volf O, Zavadil V (2010) Odkaliště. In: Řehounek J., Řehouňková K., Prach K. (eds.) *Ekologická obnova území narušených těžbou nerostných surovin a průmyslovými deponiemi*, s. 133-153.
- Rickson RJ (2006) Controlling sediment at source: an evaluation of erosion control geotextiles. *Earth Surface Processes and Landforms* 31(5): 550-560.
- Risom L, Moller P, Loft S (2005) Oxidative stress-induced DNA damage by particulate air pollution. *Mutation Research-Fundamental and Molecular Mechanisms of Mutagenesis* 592(1-2):119-137.
- Roesch V; Tschardt T; Scherber Ch a kol. (2013) Landscape composition, connectivity and fragment size drive effects of grassland fragmentation on insect communities. *Journal of Applied Ecology* 50(2): 387-394.
- Rosenzweig, M.L. (2003) Reconciliation ecology and the future of species diversity. *ORYX* 37(2): 194-205.

- Rösch V, Tschardtke T, Scherber C a kol. (2013): Landscape composition, connectivity and fragment size drive effects of grassland fragmentation on insect communities. *Journal of Applied Ecology* 50 (2), 387–394.
- Seshadri B, Bolan NS, Naidu R a kol. (2013) Clean Coal Technology Combustion Products: Properties, Agricultural and Environmental Applications, and Risk Management. *Advances in Agronomy* 119: 309-370.
- Settele J, Kudrna O, Harpke A a kol. (2008) Climatic Risk Atlas of European Butterflies. *Biorisk* 1, Pensoft, 712pp.
- Thomas JA, Morris MG; Hambler C (1994) Patterns, Mechanisms and Rates of Extinction among Invertebrates in the United Kingdom: Discussion. *Philosophical Transactions: Biological Sciences* 344, 47-54.
- Thomas JA, Telfer MG, Roy DB a kol. (2004) Comparative losses of British butterflies, birds, and plants and the global extinction crisis. *Science* 303(303): 1879-1881
- Tropek R, Cerna I, Straka J, Cizek O, Konvicka M (2013a) Is coal combustion the last chance for vanishing insects of inland drift sand dunes in Europe? *Biol Conserv* 162: 60-64.
- Tropek R, Černá I, Straka J a kol. (in review) Restoration management of fly ash deposits crucially influence their conservation potential for terrestrial arthropods. (*Ecological engineering*), 29pp.
- Tropek R, Kadlec T, Beneš J (2011) Denní motýli. In: Tropek R, Řehounek J (eds.): *Bezobratlí postindustriálních stanovišť: Význam, ochrana a management*, s. 119-132.
- Tropek R, Kadlec T, Hejda M a kol. (2012) Technical reclamations are wasting the conservation potential of post-mining sites. A case study of black coal spoil dumps. *Ecol. Eng.* 43, 13–18.
- Tropek R, Kadlec T, Karešová P a kol. (2010) Spontaneous succession in limestone quarries as an effective restoration tool for endangered arthropods and plants. *J. Appl. Ecol.* 47, 139–147.
- Tropek R, Konvicka M (2008) Can quarries supplement rare xeric habitats in a piedmont region? Spiders of the Blansky les Mts., Czech Republic. *Land Degradation & Development* 19: 104-114.
- Tropek R, Konvicka M (2011) Should restoration damage rare biotopes? *Biological Conservation* 144 (5), 1299-1299.
- Tropek R., Řezáč M. (2010): Pavouci. In: Tropek R., Řehounek J. (eds.) *Bezobratlí postindustriálních stanovišť: Význam, ochrana a management*, s. 39-52.

- Tscharntke T, Gathmann A, Steffan-Dewenter, I. (1998) Bioindication using trap-nesting bees and wasp and their natural enemies: community structure and interactions. *Journal of Applied Ecology*, 35, 708–719.
- Ulatowska J, Polowczyk I, Sawiński W a kol. (2014) Use of fly ash and fly ash agglomerates for As(III) adsorption from aqueous solution. *Polish Journal of Chemical Technology*, 16(1): 21–27.
- Van Dyke JU, Beck ML, Jackson BP a kol. (2013) Interspecific Differences in Egg Production Affect Egg Trace Element Concentrations after a Coal Fly Ash Spill. *Environmental Science and Technology* 47: 13763–13771.
- Van Rijn PCJ, Kooijman J, Wäckers FL The contribution of floral resources and honeydew to the performance of predatory hoverflies (Diptera: Syrphidae). *Biological Control* 67:32–38.
- Van Swaay C, Cuttelod A, Collins S a kol. (2010) *European Red List of Butterflies: IUCN and Butterfly Conservation Europe*. Publications Office of the European Union, Luxembourg. 60pp.
- Vaňková J., Kovář P. (2004): Plant species diversity in the biotopes of unreclaimed industrial deposits as artificial islands in the landscape. In: Kovář P. (ed.) (2004): *Natural recovery of human-made deposits in landscape: biotic interactions and ore/ash-slag artificial ecosystems*. Academia. Praha.
- Verena R, Teja T, Christoph S a kol. (2013) Landscape composition, connectivity and fragment size drive effects of grassland fragmentation on insect communities. *Journal of Applied Ecology* 50 (2), 387-394.
- Walker LR (ed.) (1992) *Ecosystems of disturbed ground*. *Ecosystems of the World* 16. Amsterdam: Elsevier.
- Wan X, Lei M, Liu Y a kol. (2013) A comparison of arsenic accumulation and tolerance among four populations of *Pteris vittata* from habitats with a gradient of arsenic concentration. *Science of the Total Environment* 442: 143-151.
- Wang F, Ouyang W, Hao F a kol. (2014) In situ remediation of cadmium-polluted soil reusing four by-products individually and in combination. *Journal of Soils and Sediments* 14(3): 451-461.
- Warren SD, Büttner R (2008) Active military training areas as refugia for disturbance-dependent endangered insects. *Journal of Insect Conservation* 12: 671–676.
- Wheater CP, Cullen WR, Bell JR (2000) Spider communities as tools in monitoring reclaimed limestone quarry landforms. *Landscape Ecology* 15: 401–406.

Zacco A, Borgese L, Gianoncelli A a kol. (2014) Review of fly ash inertisation treatments and recycling. *Environmental Chemistry Letters* 12: 153-175.

Legislativa:

Vyhláška Ministerstva životního prostředí č. 381/2001 Sb

Online zdroje:

European Coal Combustion Products Association (ECOBA)

http://www.ecoba.com/evjm,media/ccps/ecoba_statistics_2009.pdf

American Coal Ash Association (ACAA) (2010) Coal combustion product (CCP) production and use survey.

Databáze chráněných území ČR: www.drusop.cz

Stránky České geologické služby: www.geology.cz