

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

KATEDRA ZOOLOGIE A ORNITOLOGICKÁ LABORATOŘ



**Význam a ochrana bezlesí Hrubého Jeseníku z hlediska biodiverzity
brouků (Coleoptera)**

DOKTORSKÁ DISERTAČNÍ PRÁCE

Josef Kašák

Vedoucí práce: doc. RNDr. Jaroslav Starý, Ph.D.

Konzultant: RNDr. Tomáš Kuras, Ph.D.

Olomouc 2015

Bibliografická identifikace:

Jméno a příjmení autora: Josef Kašák

Název práce: Význam a ochrana bezlesí Hrubého Jeseníku z hlediska biodiverzity brouků (Coleoptera)

Typ práce: doktorská disertační práce

Pracoviště: Katedra zoologie a ornitologická laboratoř, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci

Vedoucí práce: doc. RNDr. Jaroslav Starý, Ph.D.

Konzultant: RNDr. Tomáš Kuras, Ph.D.

Studijní program: P1527 Biologie

Studijní obor: Zoologie

Rok obhajoby práce: 2015

Abstrakt:

Biodiverzita jako variabilita života poskytuje lidské společnosti řadu nezbytných zdrojů, ekosystémových služeb a představuje také významnou kulturní hodnotu. Na druhé straně však dochází současně k jejímu ochuzování v souvislosti s rozvojem lidské společnosti. Z pohledu ochrany přírody se proto horské ekosystémy řadí mezi jedno z nejcennějších a nejohroženějších prostředí v globálním měřítku.

V rámci předložené doktorské práce byly studovány vybrané potenciálně významné antropické vlivy na biodiverzitu horských bezlesí Hrubého Jeseníku prostřednictvím modelové bioindikační skupiny brouků (Coleoptera). V prostoru primárního bezlesí arкто-alpinní tundry byl studován vliv sjezdových tratí a invazivní dřeviny borovice kleče (*Pinus mugo*) na společenstva brouků. Na území sekundárních bezlesí podhorských luk a pastvin byl hodnocen vliv zemědělského hospodaření na brouky a další bezobratlé.

Studium vlivu lyžařského areálu prokázalo, že přestože jsou sjezdové tratě v alpínské zóně zájmového území provozovány způsobem šetrným k vegetaci, tak průkazně mění původní společenstva epigeických brouků. V místech sjezdových tratí dochází ke snížení početností i změně funkční diverzity modelové skupiny. Sjezdové tratě se vyznačují poklesy indexů funkční rozrůzněnosti, což je způsobeno úbytkem specializovaných druhů původní arкто-alpinní tundry. Společenstva brouků dosahují v prostoru sjezdových tratí vyšších hodnot funkční bohatosti díky tomu, že jsou obohacena eurytopními druhy a zároveň zde přežívají zástupci původních biotopů, ale pouze ve zmenšené míře. Potenciální rozvoj lyžařských

areálů proto přináší riziko pro biodiverzitu alpínské zóny Hrubého Jeseníku a je tedy z pohledu zachování unikátní bioty území nežádoucí.

Druhým regionálně velmi významným jevem působícím v alpínské zóně Hrubého Jeseníku je invaze nepůvodní borovice kleče (*Pinus mugo*), která mění společenstva střevlíkovitých brouků (Carabidae), a to tak, že s rostoucím zápojem a věkem porostů dochází k ochuzování původních společenstev. Tento jev je patrný na poklesech parametrů funkční diverzity i početností většiny druhů (zejména pak reliktních zástupců vázaných na bezlesí). Ve starých a zapojených porostech borovice kleče klesají indexy funkční bohatosti i rozrůzněnosti potravních vazeb, což je dáno úbytkem herbivorních a potravně specializovaných karnivorních střevlíkovitých. Podobně se mění i parametry funkční diverzity biotopových vazeb, kdy společenstva střevlíkovitých jsou funkčně nejbohatší v plochách mimo kleč - přesněji řečeno se středním zápojem dřeviny, kde mohou dočasně žít druhy různých nároků, dokud však kleč plochy zcela nezaroste. Expandující porosty nepůvodní borovice kleče proto zásadním způsobem ohrožují společenstva arкто-alpinní tundry Hrubého Jeseníku. Pro ochranu biodiverzity alpínské bezlesí je potřeba tento negativní vliv borovice kleče prioritně řešit redukcí porostů.

Biodiverzita brouků sekundárních bezlesí podhorských luk a pastvin v Hrubém Jeseníku je formována zemědělským hospodařením. Studie zaměřená na vliv různých způsobů zemědělského hospodaření prokázala, že přestože okamžitý efekt seče na bezobratlé je negativní, tak v dlouhodobém časovém intervalu podporuje druhovou diverzitu. Společenstva lučních bezobratlých včetně brouků jsou pozitivně ovlivněna pruhy stromů a nesečené vegetace, které poskytují útočiště v době, kdy v okolí probíhá seč. Z hlediska podpory biodiverzity sekundárních bezlesí Hrubého Jeseníku je proto žádoucí, aby byly v zemědělsky obhospodařované krajině zavedeny formy ekologicky šetrného managementu, který zahrnuje: prostorově a časově diferencované seče a existenci pruhů stromů a nesečené vegetace.

Klíčová slova: arкто-alpinní tundra, bioindikace, funkční diverzita, invazivní rostlina, sjezdová trať, zemědělství.

Počet stran: 141

Počet příloh: -

Jazyk: český a anglický

© Josef Kašák, 2015

Bibliographical identification:

Author's first name and surname: Josef Kašák

Title: An importance and conservation of treeless habitats of the Hrubý Jeseník Mts. from the viewpoint of biodiversity of beetles (Coleoptera)

Type of thesis: Ph.D. thesis

Department: Department of Zoology and Laboratory of Ornithology, Palacký University in Olomouc

Supervisor: doc. RNDr. Jaroslav Starý, Ph.D.

Consultant: RNDr. Tomáš Kuras, Ph.D.

Study programme: P1527 Biology

Study field: Zoology

Year of presentation: 2015

Abstract:

Biodiversity, as the variability of life, provides plenty of necessary resources and ecosystem services to the human society, representing also an important cultural value. At the same time, biodiversity is substantially depleted together with the human society's development. Mountain ecosystems belong to the most valuable and, simultaneously, most threatened environments worldwide.

Therefore, I focused on anthropogenic activities with a potential effect on the biodiversity of the Hrubý Jeseník treeless zone, using beetles (Coleoptera) as a model group of bioindicators. More specifically, the effect of ski-slopes and the influence of allochthonous dwarf pine (*Pinus mugo*) expansion on the beetle communities were studied within the treeless areas of arcto-alpine tundra. In contrast, the impact of various types of agricultural management on beetle and other invertebrate communities was investigated on a secondary treeless habitats – the submontane meadows and pastures.

The research revealed a significant effect of the ski-slopes on indigenous epigeic beetle communities, even though the ski-slopes are managed relatively carefully to the vegetation. Not only the abundance of the majority of beetle species decreased, but also the functional diversity of the beetle community significantly changed on the ski-slopes. More concretely, the functional divergence declined, while functional richness increased significantly on the ski-slopes. The first trend might reflect the disappearance of some ecologically distinctive, specialized tundra species of the ski-slopes. On the other hand, higher functional richness of the ski-slope communities probably consists in fact, that some tundra species still survive on those ski-slopes, albeit with lower abundances, while there are also eurytopic newcomers.

Potential development of ski-resort in the topmost part of Hrubý Jeseník brings a risk to the valuable alpine biodiversity and should be prevented.

In the second part of my thesis I concerned the effect of an invasive plant - dwarf pine on the carabid beetles (Carabidae). The model group responded strongly to the dwarf pine. Not only the majority of species (with the relic inhabitants of the treeless zone included) shown abundance decline with an increasing age and cover of the dwarf pine stands, but also the functional diversity parameters significantly changed alongside. Both functional richness and divergence of trophic interactions significantly decreased in the old dwarf pine stands with high cover, apparently as the result of food-specialized and herbivorous species decline. Similar trend was found also in functional diversity of habitat association. The functional richness of carabids increased with the distance from the edge of dense dwarf pine stands, reaching its maximum in plots with moderate dwarf pine coverage. Anyway, these mosaic sites represent just temporary habitats for various ecological groups of carabids. Being left to spontaneous succession, the dwarf pine does completely overgrown those areas in the end. Expanding stands of allochthonous dwarf pine therefore represent a serious threat to the biodiversity of indigenous arcto-alpine tundra communities of the Hrubý Jeseník and should be reduced.

Unlike the primarily treeless areas, the biodiversity of secondary open habitats (submontane meadows and pastures) is formed by an agricultural management. My study focused on the effect of various management treatments and the role of linear landscape components on the invertebrate communities. I have confirmed a negative immediate influence of mowing on arthropod abundances. In contrast, the positive role of mowing in maintaining of the beetle and other taxa richness became apparent only in long-term study. Finally, the distribution of the majority of arthropods was influenced by the position of permanent grassy baulks and tree groves. The role of both types of landscape components probably increase especially if the surrounding areas are mowed. For the successful support of biodiversity associated with the secondary open habitats, following management measures should be incorporated: postponement of the mowing and splitting the mowing period into two or more gradual stages; establishment of uncut strips.

Keywords: agriculture, arcto-alpine tundra, bioindication, functional diversity, invasive plant, ski-slope.

Number of pages: 141

Number of appendices: -

Language: Czech and English

© Josef Kašák, 2015

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předloženou disertační práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a je mým původním autorským dílem. Výjimku tvoří rukopisy a články na nichž se podíleli uvedení spoluautoři.

V Olomouci 27. 4. 2015

OBSAH

Poděkování	8
Seznam příložených příspěvků	9
1. Úvod	10
2. Cíle práce	12
3. Metodické přístupy	12
3.1. Charakteristika bioindikační skupiny	13
3.2. Charakteristika studovaných lokalit	13
3.3. Použité metody sběru dat a schéma terénního výzkumu	14
3.4. Analýza funkční diverzity	15
4. Antropické vlivy na biodiverzitu brouků primárního bezlesí Hrubého Jeseníku	15
4.1. Vliv sjezdových tratí na biodiverzitu brouků	16
4.2. Vliv borovice kleče na biodiverzitu brouků	17
5. Antropické vlivy na biodiverzitu brouků sekundárního bezlesí Hrubého Jeseníku	18
6. Návrh opatření pro ochranu biodiverzity bezlesí Hrubého Jeseníku	20
6.1. Primární bezlesí arкто-alpinní tundry	20
6.2. Sekundární bezlesí podhorských a horských luk a pastvin	21
Seznam použité literatury	22
Příspěvek I-VI	28
Curriculum vitae – Josef Kašák	139

PODĚKOVÁNÍ

Doktorské studium je úkolem, který bych přirovnal k dlouhému pochodu za cílem, který je většinu poutě v nedohlednu. Cesta samotná je zdoluhavá, namáhavá, sestávající z mnoha dílčích úseků a plná odboček vynucených překážkami. Při této cestě mě provázela a podporovala řada lidí, bez kterých bych nebyl schopen k cíli dojít, a proto bych jim rád na tomto místě poděkoval.

V první řadě bych chtěl poděkovat svým nejbližším - zejména rodičům, otčímovi a bratrovi, kteří mě vždy obětavě podporovali a někdy i vynuceně sdíleli můj zájem o přírodu. Mé první entomologické krůčky z gymnaziálních let jsou spjaté s již bohužel zesnulým Jiřím Nejdlem, který mě zasvětil do problematiky sběru brouků. Počátky na vysoké škole pak pozitivně ovlivnil tehdejší spolubydlící na kolejích Adrián Czerník, který mimo jiné zprostředkoval zásadní setkání mé vědecké dráhy, tj. seznámení s Tomášem Kurasem, jenž vedl mou bakalářskou i diplomovou práci a následně se významně podílel na formování mého doktorátu. Tomášovi děkuji především za neustálé odborné směřování, ochotu mi vždy pomoci, přátelský přístup, trpělivost a četné a bohaté diskuse nejen o entomologii. Upřímně bych rád poděkoval svému vedoucímu Jaroslavu Starému, který mi poskytl tvůrčí svobodu při práci na disertaci, byl trpělivý, vždy ochotně nápomocný a jeho profesní kvality se skromností jemu vlastní byly pro mne vždy inspirací. Speciální dík patří Monice Mazalové za plodné diskuse a přátelskou spolupráci při tvorbě publikací.

Doktorské studium však probíhá současně s osobním životem a proto jsem vděčný za podporu mých nejbližších přátel jmenovitě zejména Anně Šustrové, Michalu Vránovi, Ondřeji Shánělovi a Vladanu Grygovi, kteří mě vždy dokázali dobít energii pro další práci. Můj dík patří také Vladislavu Holcovi za četné entomologické exkurze a zapálené debaty o hmyzu. Rovněž bych rád poděkoval i Anežce Gazárkové, se kterou jsem sdílel studijní záležitosti již od bakalářského stupně.

Velký dík patří mé partnerce Janě Mazalové, která mě vytrvale podporovala a často musela sdílet strasti studujícího partnera a jeho nadšení pro entomologii, někdy i nedbajíc vlastního pohodlí. Dík patří i všem, které zde bohužel nemohu z prostorových důvodů jmenovat a přesto mi při práci nebo studiu pomohli, poradili, nebo jen sdíleli radostné chvíle třeba na kolejích. Na závěr bych rád poděkoval přírodě Hrubého Jeseníku, protože ta pro mne představuje neustálý zdroj energie, inspirace i fascinace.

SEZNAM PŘILOŽENÝCH PŘÍSPĚVKŮ

Předkládaná disertační práce je tvořena publikacemi a rukopisy, jež jsou označeny a citovány jako Příspěvky I-VI.

Příspěvek I

Kašák J. et Gabriš R. 2011: Nálezy ekofaunisticky významných druhů brouků (Coleoptera) na Jesenicku (severní Morava, Česká republika). *Acta Musei Beskidensis*. 3: 187-192.

Příspěvek II

Mazalová M., **Kašák J.** et Kuras T. 2012: Annotated entomological bibliography of the Praděd National Nature Reserve (Hrubý Jeseník Mts.). *Časopis Slezského muzea v Opavě. Série A*. 61: 23-42.

Příspěvek III

Kašák J., Trnka F. et Gabriš R. 2012: Results of entomological survey of beetles (Coleoptera) from the Borek u Domašova Natural Reserve (Jeseníky Protected Landscape Area): implications for conservation biology. *Časopis Slezského muzea v Opavě. Série A*. 61: 197-212.

Příspěvek IV

Kašák J., Mazalová M., Šipoš J. et Kuras T. 2013: The effect of alpine ski-slopes on epigeic beetles: does even a nature-friendly management make a change? *Journal of Insect Conservation*. 17: 975-988.

Příspěvek V

Kašák J., Mazalová M., Šipoš J. et Kuras T.: (rukopis) Dwarf pine - invasive plant threatens biodiversity of alpine beetles. (*Biodiversity and Conservation*, přijato k tisku).

Příspěvek VI

Mazalová M., Šipoš J., Rada S., **Kašák J.**, Šarapatka B. et Kuras T.: (rukopis) Responses of grassland arthropods to various biodiversity-friendly management treatments: is there any compromise? (*European Journal of Entomology*, v recenzním řízení).

1. ÚVOD

Biodiverzita je variabilita života na každém stupni hierarchického žebříčku v prostorové škále biologické organizace (Wilson 1988), přičemž její vysoká míra různorodosti a bohatosti je jedním z nejvíce fascinujících jevů přírody (Gaston 2000, Maclaurin et Sterelny 2008). Biodiverzita zároveň poskytuje lidské společnosti řadu nezbytných zdrojů a ekosystémových služeb (Costanza et al. 1997, De Groot et al. 2010). V neposlední řadě je biodiverzita hodnotou samou o sobě a je tudíž záležitostí společenské kultury přírodní rozmanitost chránit jakožto kulturní dědictví.

S rozvojem lidské společnosti však dochází ke změnám prostředí a tím i vymírání organismů, tj. ochuzování biodiverzity (Wilson 1989, Rands et al. 2010). Takto pozměněné ekosystémy následně často vyžadují značné vklady zdrojů (financí) tak, aby byly zachovány jejich požadované funkce (Balmford et al. 2002, Rands et al. 2010). Negativní důsledky antropogenních činností proto vyústily v nutnost monitorovat změny prostředí a biodiverzity (Kremen et al. 1994, TEEB 2010). Jedním z nástrojů pro sledování environmentálních změn je bioindikace za pomoci bezobratlých (McGeoch 1998, Gerlach et al. 2013), přičemž brouci (Coleoptera) představují vhodnou a často používanou bioindikační skupinu (Vessby et al. 2002, Rainio et Niemelä 2003). Významnou předností brouků při sledování změn prostředí je rychlá odezva taxonu ve funkčních změnách biodiverzity, kdy například na úrovni vegetace jsou tytéž jevy detekovatelné se zpožděním (Samways 2005).

Vyšší míru biodiverzity a endemismu vykazují brouci v horských ekosystémech, které patří z pohledu distribuce a vývoje biodiverzity mezi stěžejní centra biodiverzity na zemi (Nagy et Grabherr 2009). Fragmentovaný charakter hor s ploškami alpínského bezlesí izolovanými lesem umožnil dlouhotrvající izolaci a evoluci jedinečných společenstev s řadou endemických taxonů (Chapin et Körner 1994). Horská bezlesí střední Evropy jsou příkladem takových území s překvapivě vysokou biodiverzitou (viz Alpy a Karpaty). Hercynská soustava s pohořím Vysokých Sudet (Hrubý Jeseník, Králický Sněžník, Krkonoše) nemá aktuálně v takové míře vyvinutá alpínská bezlesí, přesto se zde dochovala jedinečná horská a severská fauna a flora se zastoupením endemických taxonů. V případě fauny hmyzu unikátní statut pohoří Hrubého Jeseníku dokumentují např. Starý (1973), Holuša (1997), Stanovský et Pulpán (2006), Kuras et al. (2009), (**Příspěvek I, II**). Nezaměnitelná biota Hrubého Jeseníku je dána: a) pozicí pohoří v rámci Evropy, kdy Vysoké Sudety lze chápat jako křížovátku horských (alpínských a karpatských) a severských druhů, které opakovaně pohoří kolonizovaly v průběhu střídání glaciálů a interglaciálů; b) postglaciální izolací alpínských bezlesí

(vznikem endemických taxonů); c) specifickou geologicko-geomorfologickou stavbou (anemo-orografickými systémy karů) a konečně d) dlouhodobou absencí borovice kleče (*Pinus mugo*) v alpínské zóně, která je spojována s vysokou biodiverzitou tohoto pohoří na příkladu motýlů (Bílá et al. 2013).

Stejně jako v jiných horských regionech v Evropě je biodiverzita Hrubého Jeseníku ohrožována zejména globálními změnami klimatu (Grabherr et al. 1994), rozvojem turistických aktivit (Ries 1996, Roux-Fouillet et al. 2011), invazí nepůvodních druhů (Anthelme et al. 2001) a intenzifikací zemědělského (Benton et al. 2003, Stoate et al. 2009) a lesního hospodaření (Müller et al. 2008, Nieto et al. 2010, **Příspěvek III**). Mezi biologicky nejcenější oblasti s vysokým zastoupením ohrožených druhů v Hrubém Jeseníku náležejí primární bezlesí alpínské zóny (Kuras et al. 2009, **Příspěvek II**) a sekundární bezlesí podhorských luk a pastvin (Kašák et al. 2011, Bureš 2013).

Ochuzení biodiverzity otevřených stanovišť je celoevropským trendem a zjevně souvisí jak s tzv. odchodem člověka z krajiny, v souvislosti s rozvojem průmyslu, tak i s narůstající intenzifikací a homogenizací hospodářství dosud obhospodařovaných ploch (Beneš et al. 2002, Skaloš 2006, Stoate et al. 2009). Ohrožení bioty alpínské zóny Hrubého Jeseníku vyplývá zejména z jejího plošně značně limitovaného rozsahu (Tremel et Banaš 2008), výrazné fragmentace a vzájemné izolace alpínských ostrovů (Bílá et al. 2013). Rozsah aktuálního ohrožení biodiverzity alpínské zóny Hrubého Jeseníku dále umocňují antropické vlivy, mezi které patří rozvoj turistického ruchu (lyžařských areálů) a recentně především šíření nepůvodní borovice kleče (Banaš et al. 2010, Zeidler et al. 2012). Podhorské louky a pastviny tvoří druhý typ ohroženého bezlesí v zájmovém pohoří. Biodiverzita těchto sekundárních otevřených stanovišť je postižena jak změnou a intenzifikací zemědělství, tak i ukončením hospodaření. Právě proto je dnes ochrana přírody v regionu soustředěna na ochranu bezlesí - primárních (alpínských) i sekundárních (podhorské louky a pastviny) (CHKOJ 2012). V rámci předložené disertační práce byl studován vliv vybraných, potenciálně významných antropogenních aktivit v bezlesích Hrubého Jeseníku pomocí modelové a indikačně významné skupiny brouků.

2. CÍLE PRÁCE

Z výše uvedeného rozboru vyplývá zásadní význam bezlesí pro uchování biodiverzity Hrubého Jeseníku. Provedené studie v území naznačují úbytek biodiverzity, a proto byly stanoveny následující tematické okruhy, které se snaží řešit předložená disertační práce.

- a) Primární arкто-alpinní bezlesí Hrubého Jeseníku představuje biologicky jedinečné a mimořádně cenné území, které je však současně potenciálně ohrožováno zejména sjezdovým areálem a invazí nepůvodní borovice kleče. První cíl disertační práce proto představuje: **Určení potenciálně významných antropických vlivů na biodiverzitu brouků primárního bezlesí Hrubého Jeseníku.**
- b) Sekundární bezlesí Hrubého Jeseníku také reprezentuje jedno z prostředí s bohatou a ohroženou biodiverzitou. Podhorské louky a pastviny jsou zároveň využívány zemědělským hospodařením, které významně formuje biotu těchto stanovišť. Druhý tematický okruh je tudíž zaměřen na: **Určení potenciálně významných antropických vlivů na biodiverzitu brouků sekundárního bezlesí Hrubého Jeseníku.**
- c) Třetí cíl vychází ze závěrů dílčích studií disertace a představuje: **Návrh opatření pro ochranu biodiverzity bezlesí Hrubého Jeseníku.**

3. METODICKÉ PŘÍSTUPY

Vybrané potenciálně významné antropické vlivy na biodiverzitu bezlesí Hrubého Jeseníku byly studovány pomocí modelové bioindikační skupiny brouků. V rámci primárního bezlesí byl studován vliv lyžařského areálu (sjezdových tratí) a invazivní rostliny (borovice kleč). Na území sekundárních bezlesí horských luk a pastvin byl hodnocen vliv různých typů obhospodařování trvalých travních porostů. Výzkum byl založen na vlastním terénním sběru dat a dále byl doplněn o rešerši literárních zdrojů.

V rámci nasbíraného materiálu bylo pracováno v dílčích studiích s vybranými indikačními skupinami brouků, které byly vymezeny ekologicky a taxonomicky (v detailu **příspěvky IV, V, VI**). Materiál byl určen do druhů, kterým byly následně přiřazeny jejich charakteristiky (schopnost disperze, biotopové a trofické vazby, ekologická valence atd.), díky čemuž bylo možné hodnotit studované antropické vlivy v bezlesích Hrubého Jeseníku na

brouky na úrovni: a) společenstev, b) ekologických gild, c) druhů a d) funkční diverzity ve smyslu Masona et al. (2005).

3.1. Charakteristika bioindikační skupiny

Brouci (Coleoptera) patří mezi významnou bioindikační skupinu bezobratlých (McGeoch 1998, Rainio et Niemelä 2003, Gerlach et al. 2013). Přednosti tohoto taxonu lze spatřovat zejména v následujícím: a) jedná se o druhově početnou skupinu organismů s reprezentativním zastoupením v naprosté většině suchozemských stanovišť (Gillot 2005), b) díky velké druhové bohatosti obsahuje tato skupina řadu stenotopních a stenoekních druhů se zřetelnou bioindikační hodnotou (např. Hůrka et al. 1996, Rainio et Niemelä 2003), c) skupina je poměrně intenzivně studována a jsou tedy dostupné dostatečné informace (alespoň o evropských druzích) o ekologických vazbách jednotlivých druhů, kterých lze využít při interpretaci změn prostředí (Lindroth 1992, Hůrka 1996); a konečně d) existují propracované metodiky, které můžeme efektivně využít při sběru terénních dat (Moericke 1951, Spence et Niemelä 1994). Popularita a znalost taxonu umožňuje široké interpretační srovnání s jinými pracemi, kde byly studovány stejné problematiky tj. vliv sjezdových tratí (Strong et al. 2002, Negro et al. 2009, 2010), invazivních rostlin (de Groot et al. 2007, Topp et al. 2008, Schirmel et al. 2011, Brigić et al. 2014) a zemědělského hospodaření (Vessby et al. 2002, Batáry et al. 2007).

3.2. Charakteristika studovaných lokalit

Výzkum probíhal v Hrubém Jeseníku, který představuje druhé nejvyšší hercynské pohoří ve smyslu Grabherra et al. (2003). Většinu tohoto pohoří pokrývají lesní ekosystémy, které přecházejí nad horní hranici lesa v primární bezlesí arкто-alpinní tundry tvořené mozaikou otevřených biotopů se společenstvy druhů středoevropských hor a severských oblastí. V nižších partiích Hrubého Jeseníku jsou lesní komplexy lemovány zemědělsky udržovanými sekundárními bezlesí podhorských a horských luk a pastvin.

Primární bezlesí Hrubého Jeseníku se nachází mezi 1350 až 1492 m n. m. (nejvyšší vrchol pohoří, Praděd), zaujímá rozlohu 11 km² a je rozděleno na 7 izolovaných ostrovů arкто-alpinní tundry (Tremel et Banaš 2008, Bílá et al. 2013). Působí zde dva plošně významné antropické vlivy, tj. rozvoj zimních rekreačních sportů v čele se sjezdovým lyžováním a expanze nepůvodní borovice kleče (Banaš et al. 2010, Zeidler et al. 2012).

Lyžařský areál Ovčárna byl založen okolo roku 1950 (Schmidtová et al. 2009) a tvoří jej 7 sjezdových tratí 20-50 m širokých a 250-850 m dlouhých. Z důvodu ochrany přírody jsou sjezdové tratě provozovány pouze za stavu, kdy je minimální vrstva přirozeného sněhu 80 cm (umělé zasněžování není povoleno), a tak nedochází k přímému narušování vegetačního krytu (Banaš et al. 2010). Vliv sjezdových tratí byl studován na svahu pod Petrovými kameny (1446 m n. m.). Druhý plošně významný antropický vliv představuje šíření porostů borovice kleče, která je v Hrubém Jeseníku nepůvodní (Rybníček et Rybníčková 2004, Hamerník et Musil 2007). Přesto byla ve vrcholových partiích pohoří od roku 1860 vysazována za účelem stabilizace horní hranice lesa a zamezení eroze půdy (Jeník et Hampel 1992). V současnosti nepůvodní klečové porosty zaujímají 2 km² z rozlohy bezlesí, šíří se rychlostí 2 % ročně (Tremel et Banaš 2008, Tremel et al. 2010). Vliv borovice kleče na autochtonní společenstva epigeických brouků byl studován na třech lokalitách - Keprník (1423 m n. m.), kar Malého kotle (okolo 1300 m n. m.) a Petrovy kameny.

Sekundární bezlesí tvoří především podhorské louky a pastviny, které zaujímají v chráněné části Hrubého Jeseníku okolo 90 km² a nachází se v rozmezí 500 až 850 m n. m. Většina trvalých travních porostů je obhospodařována na bázi ekologického zemědělství (CHKOJ 2012). Antropické vlivy v druhotném bezlesí byly studovány v okolí Nových Losin (700-800 m n. m.). Studijní lokalitu tvoří 180 ha pastvin a luk s různým režimem pastvy (skotu) a seče, které jsou oddělené lesíky, mezemi a pruhy stromů a nesečené vegetace. Celý komplex bezlesí je provozován v režimu agro-environmentálních dotací, stejně jako většina zemědělského hospodaření v oblasti (CHKOJ 2012).

3.3. Použité metody sběru dat a schéma terénního výzkumu

V rámci primárního bezlesí byl studován vliv sjezdových tratí a borovice kleče na brouky za pomoci padacích zemních pastí (v detailu **Příspěvek IV, V**). Dílčí studijní plochy byly rozmístěny tak, aby reprezentativním způsobem zachytily sledovaný vliv v převažujících biotopech zájmového území. Jednotlivé antropické vlivy však mají svá specifika a proto bylo základní schéma výzkumu pro každou studijní problematiku rozšířeno. Konkrétně v případě sjezdových tratí byly pasti umístěny v různých vzdálenostech od kraje tratě tak, aby bylo možné hodnotit vliv sjezdovky na jejím příčném profilu. V rámci problematiky borovice kleče byl studován vliv zápoje, stáří a vzdálenosti plochy od okraje kosodřeviny.

V druhotných bezlesích byl studován vliv extenzivního zemědělského hospodaření na brouky za použití Moerickeho misek (v detailu **příspěvek VI**). Výzkum byl zaměřen na

hodnocení a) okamžité odezvy bezobratlých na provedenou seč a pastvu; b) dlouhodobých vlivů různých způsobů hospodaření (seč, pastva, seč a pastva v kombinaci, žádný management) na společenstva bezobratlých podhorských bezlesí a c) významu doprovodných interakčních prvků tzn. liniových biotopů oddělujících jednotlivé půdní bloky (pruhy se stromy a s nesečenou vegetací) pro formování a distribuci lučních společenstev bezobratlých.

3.4. Analýza funkční diverzity

Díky analýze změn funkční diverzity byly vlivy vybraných antropických faktorů na biodiverzitu brouků hodnoceny nejen prostřednictvím strukturálních ale i funkčních parametrů společenstev, které indikují změny ve fungování ekosystémů (Mouchet et al. 2010). V rámci předložených studií bylo použito přístupu Masona et al. (2005), jenž vymezuje tři základní složky funkční diverzity: funkční bohatost (functional richness), rozrůzněnost (functional divergence) a vyrovnanost (functional evenness). Funkční bohatost udává proporcii myšleného funkčního prostoru, kterou vyplňují druhy daného společenstva. Index funkční rozrůzněnosti vychází z distribuce abundancí druhů a jejich překryvu ve funkčním prostoru a indikuje tak míru variability využívaných zdrojů. Poslední parametr funkční diverzity představuje vyrovnanost, která popisuje, jak pravidelně (z hlediska abundancí) jsou rozmístěny druhy s různými funkčními strategiemi ve funkčním prostoru. Do analýz změn funkční diverzity vstupovaly jak funkční vlastnosti druhů (viz výše), tak i jejich abundance.

4. ANTROPICKÉ VLIVY NA BIODIVERZITU BROUKŮ PRIMÁRNÍHO BEZLESÍ HRUBÉHO JESENÍKU

Sjezdové lyžování a invaze nepůvodních rostlin patří mezi rizikové vlivy pro horské ekosystémy (Nagy et Grabherr 2009). Z jiných horských regionů je doloženo, že oba zmíněné faktory vedou ke změnám a poškození původního prostředí (Gordon et al. 2002, Dirnböck et al. 2003, Roux-Fouillet et al. 2011), což se následně odráží na ochuzení biodiverzity dotčených ploch (Anthelme et al. 2001, Negro et al. 2010, Pornaro et al. 2013). Níže uvedené statě se proto věnují uvedeným antropickým vlivům na funkční diverzitu a společenstva brouků arкто-alpinní tundry Hrubého Jeseníku.

4.1. Vliv sjezdových tratí na biodiverzitu brouků

Převážná většina výzkumu vlivů sjezdového lyžování na ekosystémy a jejich dílčí složky byla a je prováděna v lyžařských areálech, kde je při výstavbě sjezdovek zásadně pozměněno původní stanoviště pomocí těžkých strojů (Titus et Landau 2003, Roux-Fouillet et al. 2011). V důsledku narušení vegetace zde dochází k erozi půdy a ztrátě biodiverzity rostlin i bezobratlých včetně brouků (Titus et Tsuyuzaki 1998, Strong et al. 2002, Wipf et al. 2005, Kubota et Shimano 2010, Negro et al. 2010, Ristić et al. 2012, Kessler et al. 2012). V rámci studovaných sjezdových tratí je však situace odlišná. Lyžařský areál je provozován přírodě šetrným režimem, takže nedochází k přímému narušování vegetačního krytu (Schmidtová et al. 2009).

Přestože management provozu sjezdových tratí je poměrně šetrný k prostředí (Banaš et al. 2010), byly zjištěny průkazné změny ve složení společenstev epigeických brouků. Brouci byli přitom nejvíce ovlivněni v místech s déle setrvávající sněhovou pokrývkou. Zde dochází k průkaznému poklesu abundancí většiny druhů (**Příspěvek IV**). Sjezdovky preferují mobilnější široce rozšířené druhy střevlíků (*Amara lunicollis* a *Poecilus versicolor*) a herbivorů vázaných na nitrofilní vegetaci (*Gastrophysa viridula*). Obecně sjezdové tratě podporují výskyt druhů otevřených stanovišť a generalisty (Strong et al. 2002, Negro et al. 2007, 2010, **Příspěvek IV**). Uvedené výsledky jsou v souladu se zjištěnými změnami funkční diverzity. Společenstva epigeických brouků dosahují vyšších hodnot funkční bohatosti právě na sjezdovkách, protože tratě jsou obohaceny eurytopními druhy, ale zároveň zde dosud přežívají i zástupci původní arкто-alpinní tundry, byť v nižších abundancích. Naopak vyšší funkční rozrůzněnost v prostředí přirozené tundry vypovídá o větší diferenciaci nik vedoucí k nižší kompetici o zdroje mezi silně specializovanými druhy arкто-alpinní tundry (**Příspěvek IV**, cf. Negro et al. 2009, 2010).

Zjištěné změny společenstev epigeických brouků lze vysvětlit jako důsledek zhutnění sněhu a změny jeho teplotní vodivosti (Ries 1996). Sněhová pokrývka zůstává na sjezdovkách déle oproti okolí. Sníh je zhutněný pojezdy lyžařů a rolby, čímž ztrácí své izolační vlastnosti (Rixen et al. 2004). Snížená izolační schopnost vede k intenzivnějšímu povrchovému promrzání půdy a delší setrvání sněhu zkracuje vegetační sezónu (Ries 1996, Banaš et al. 2010). Ztráta izolačních vlastností sněhové pokrývky a zkrácení vegetační sezóny v místě sjezdových tratí jsou velmi významné vlivy prostředí, jež formují epigeickou faunu bezobratlých alpinské zóny (Kessler et al. 2012).

4.2. Vliv borovice kleče na biodiverzitu brouků

Druhý, regionálně velmi významný biotický faktor ohrožující biodiverzitu arkticko-alpínských bezlesí Hrubého Jeseníku je šíření nepůvodních výsadeb borovice kleče. Kleč byla v alpínské zóně pohoří vysazována od poloviny 19. století (Jeník et Hampel 1992). Aktuálně se v prostředí horských holí spontánně intenzivně šíří (Tremel et al. 2010) a zásadním způsobem mění strukturu původních společenstev střevlíkovitých (**Příspěvek V**) podobně jako invazivní rostliny v jiných regionech (Topp et al. 2008, Schirmel et al. 2011, Brigić et al. 2014). V případě většiny druhů byl zaznamenán průkazný pokles abundancí střevlíků s rostoucím věkem a mírou zápoje klečového porostu. Naopak s rostoucí vzdáleností od borovice kleče docházelo k nárůstu jejich početností. Na plochách porostlých klečí byl úbytek nejvíce patrný v případě druhů otevřených stanovišť (*Amara* spp.), indikujících původní tundru (*Amara erratica* a *Carabus sylvestris*), potravně specializovaných karnivorů (*Cychrus caraboides*) a herbivorních střevlíků obecně (*Amara* spp.). Naopak afinitu ke klečovým porostům vykazují lesní druhy a biotopoví generalisté (**Příspěvek V**).

V porostech kleče dochází k poklesům parametrů funkční diverzity střevlíkovitých. Konkrétně s rostoucím stářím kleče klesá funkční bohatost potravních strategií a současně se s vyšším zápojem kleče snižuje potravní funkční rozrůzněnost společenstev. Tato zjištění podporují i výsledky analýz ekologických gild, kdy v kleči převažují potravně nespecializované druhy a je zde zastoupeno užší spektrum potravních strategií, díky úbytku herbivorních a specializovaných karnivorních střevlíkovitých (**Příspěvek V**). Uvedené výsledky korespondují se závěry ostatních autorů, zabývajících se odezvou živočichů navazujících úrovní potravního řetězce na invazi nepůvodní rostliny. Na plochách postižených invazivními rostlinami tak převažují euryekní druhy (Brigić et al. 2014) a abundance a druhové zastoupení určitých ekologických skupin klesají (Topp et al. 2008, Schirmel et al. 2011).

S rostoucím zápojem a věkem kleče se mění i indexy funkční diverzity vztažené ke stanovištní vazbě druhů. Funkčně nejbohatší jsou společenstva střevlíkovitých na plochách se středním zápojem kleče a při jejím okraji (**Příspěvek V**), tj. v tundrových plochách nově invadovaných nebo s nízkou pokrývností invazivní rostliny (Brigić et al. 2014). Tento stav je ale časově proměnlivý, přesněji řečeno dočasný, než dojde k úplnému zarostení původního biotopu klečí a následně tedy k uniformizaci prostředí, což se odráží i na poklesech hodnot indexů funkční diverzity při maximálním zápoji kleče, jak uvádí **Příspěvek V**.

Ochuzování společenstev střevlíkovitých v porostech kleče lze vysvětlit celkovou změnou prostředí, tj. zejména změnou mikroklimatických podmínek a snížením potravní nabídky, stejně jak uvádí jiní autoři v tematicky podobně zaměřených studiích (cf. de Groot et al. 2007, Finch et Szumelda 2007, Topp et al. 2008, Schirmel et al. 2011).

5. ANTROPICKÉ VLIVY NA BIODIVERZITU BROUKŮ SEKUNDÁRNÍHO BEZLESÍ HRUBÉHO JESENÍKU

Většina dosavadních studií zaměřených na vliv pastvy, seče a krajinné struktury na biodiverzitu bezobratlých v sekundárních bezlesích dochází k závěrům, že každá z těchto charakteristik zemědělství ovlivňuje studované taxony (Batáry et al. 2008, Čížek et al. 2012, Humbert et al. 2012) s tím, že intenzivnější formy seče a pastvy působí negativně na biodiverzitu (Batáry et al. 2008, 2010). Zároveň jsou však informace o komplexním působení uvedených faktorů na biodiverzitu lučních bezobratlých poměrně chudé (např. Deban 2006, Čížek et al. 2012).

Zemědělské hospodaření na podhorských loukách a pastvinách ovlivňuje bezobratlé (Rundlof et al. 2008, Čížek et al. 2012, **Příspěvek VI**), přičemž vliv jednotlivých typů managementu na společenstva brouků je různý (Batáry et al. 2007, **Příspěvek VI**). V rámci předložené studie z Hrubého Jeseníku byl zjištěn významný okamžitý vliv seče na společenstva brouků, nicméně odpověď taxonu není jednotná a reakce se mezi jednotlivými ekologickými skupinami i druhy liší.

Celkové početnosti brouků okamžitě po seči překvapivě rostou (**Příspěvek VI**). Tento jev může být dán vyšší mobilitou taxonu (většina zástupců létá) a intenzivnějším pohybem jedinců při hledání ztracených potravních zdrojů na posečené ploše, což může zvyšovat pravděpodobnost jejich odchyty (Hossain et al. 2002). Lze konstatovat, že seč podporuje druhy otevřených stanovišť. Nejvyšší druhové bohatosti dosahují luční druhy brouků se zpožděním po seči v době, kdy je na ploše již přítomna vyšší vegetace (**Příspěvek VI**). Bezprostřední pokles početností brouků po provedené seči je patrný ve skupině herbivorů. Snížení početnosti souvisí patrně se změnou potravní nabídky a změnou prostředí, které herbivoři osídlují (tj. vzrostlá vegetace) (Čížek et al. 2012). Zvýšené početnosti po provedené seči vykazovali někteří nektarofágové (např. *Anthaxia quadripunctata*). To může být dáno zvýšenou atraktivitou žlutých misek na posečených loukách a současně sníženou potravní nabídkou pro nektarofágní hmyz (Wilson et al. 2008). Okamžitý vliv pastvy na abundance a druhovou diverzitu brouků nebyl prokázán, jistý vliv byl shledán pouze v případě

koprofágních druhů, např. *Aphodius depressus* (**Příspěvek VI**). Koprofágové nacházejí na pastvinách dostatečné množství potravy (trusu dobytka) pro vývoj larev, tudíž jsou pastviny pro tuto gildu brouků atraktivní a brouci zde zvyšují své početnosti (Hanski et Cambefort 1991).

Testování dlouhodobého vlivu hospodářského managementu ukázalo, že druhově nejbohatší společenstva podporuje seč, následovaná plochami, kde se kombinuje pastva a seč. Nejméně druhově bohaté byly plochy bez hospodaření a se samostatnou pastvou (**Příspěvek VI**). Nevýrazný okamžitý i dlouhodobý vliv pastvy na společenstva brouků byl pravděpodobně důsledkem nízké intenzity pasení (malým počtem dobytka na plochu). Na studované lokalitě byly cíleně aplikovány přírodně šetrnější postupy s nižším počtem dobytčích jednotek na plochu, než je v obdobných studiích obvyklé (srov. Kruess et Tscharrntke 2002).

Dlouhodobý pozitivní vliv časově a prostorově různě aplikované seče (případně v kombinaci s pastvou) na společenstva bezobratlých je dán především potlačením konkurenčně zdatnějších travin (Konvička et al. 2008, Gibson 2009). Snížení vlivu konkurenčních dominant (travin) následně umožňuje obstat i jiným druhům bylin a tak může v pastvinách docházet k rozvoji více diverzifikovaných fytoocenóz (Haysome et Coulson 1998, Espirito-Santo et al. 2007), což se následně odráží v pestřejších společenstvech bezobratlých (Knop et al. 2006, **Příspěvek VI**).

Součástí tradiční zemědělské krajiny jsou také tzv. doprovodné interakční prvky charakteru mezí, remízků a kamenic, které rozčleňují větší půdní bloky. Pruhy s nesečenou vegetací a stromy prokazatelně ovlivňují luční společenstva bezobratlých v zemědělsky obhospodařované krajině (Humbert et al. 2012, **Příspěvek VI**). To znamená, že většina druhů bezobratlých s rostoucí vzdáleností od pruhů nesečené vegetace ubývá (Rada et al. 2014 **Příspěvek VI**). Stejně tak početnosti brouků s vazbou na lesní prostředí a vyšší bylinnou vegetaci (*Anthaxia* spp., *Oxythyrea funesta*, *Rhagonycha* spp.) se snižují směrem do otevřené plochy (Marini et al. 2009, **Příspěvek VI**). Pruhy stromů a nesečené vegetace jsou tedy významné pro druhy luk a pastvin, protože slouží jako refugium poskytující stanoviště a zdroje potravy v době, kdy na okolních plochách probíhá seč (Balmer et Erhardt 2000, Humbert et al. 2012, Kulfan et al. 2012, **Příspěvek VI**).

6. NÁVRH OPATŘENÍ PRO OCHRANU BIODIVERZITY BEZLESÍ HRUBÉHO JESENÍKU

Na základě výsledků předložených studií a literární rešerše je možné vyvodit závěry pro ochranu biodiverzity bezlesí v Hrubém Jeseníku s ohledem na studované antropické vlivy. Primární a sekundární bezlesí v regionu spojuje: a) vysoká míra zastoupení biologicky cenné a ohrožené biodiverzity a b) výrazné funkční změny biodiverzity v důsledku antropických vlivů (**Příspěvek IV, V, VI**). Současně se však oba typy bezlesí odlišují svou přirozenou dynamikou, kdy arкто-alpinní společenstva se dlouhodobě vyvíjela bez vlivů člověka (Nagy et Grabherr 2009), zatímco existence stanovišť podhorských luk a pastvin je podmíněna zemědělským hospodařením (Baur et al. 2006, Ložek 2007). Uvedené charakteristiky se tedy promítají i v doporučeních pro zachování biodiverzity pro každý typ bezlesí.

6.1. Primární bezlesí arкто-alpinní tundry

Přestože jsou sjezdové tratě v alpínské zóně zájmového území provozovány šetrným způsobem, provedené analýzy dokládají, že se původní společenstva epigeických brouků mění. V místech sjezdových tratí dochází k poklesům početností i změnám parametrů funkční diverzity brouků. Sjezdové trati se vyznačují nižší funkční rozrůzněností společenstev brouků, což je způsobeno úbytkem specializovaných druhů původní arкто-alpinní tundry. Lyžařské areály proto přináší riziko pro biodiverzitu alpínské zóny Hrubého Jeseníku a jejich rozšiřování je tedy nežádoucí z pohledu zachování unikátní bioty území.

Invazivní borovice kleč také mění společenstva střevlíkovitých brouků a to tak, že s rostoucím zápojem a věkem porostů dochází k ochuzování původních společenstev. Tento jev je patrný na poklesu početností většiny druhů, zejména pak těch vázaných na bezlesí a potravně specializovaných. Změny ve složení společenstev se odrážejí i na parametrech funkční diverzity. Ve starých a zapojených porostech kleče dochází ke snížení funkční bohatosti i rozrůzněnosti potravních vazeb střevlíkovitých. Obdobně se mění i indexy funkční diverzity biotopových vazeb střevlíkovitých, kdy na plochách porostlých klečí dochází k poklesu indexů funkční bohatosti. Šířící se porosty borovice kleče představují tedy reálné riziko pro společenstva původní arкто-alpinní tundry Hrubého Jeseníku. Pro ochranu biodiverzity alpínského bezlesí v regionu je proto potřeba porosty borovice kleče omezit v šíření a redukovat jejich rozlohu.

6.2. Sekundární bezlesí podhorských a horských luk a pastvin

Studie zaměřená na vliv různých způsobů hospodaření (seč a pastva) a interakčních prvků v zemědělské krajině zjistila, že seč průkazným způsobem formuje společenstva vybraných skupin bezobratlých včetně brouků. Seč v dlouhodobém časovém intervalu podporuje druhovou diverzitu. S ohledem na okamžitý negativní dopad seče na většinu bezobratlých a dobu výskytu méně mobilních, a tak i citlivějších larválních stádií lučních zástupců v první polovině vegetační sezóny, je proto vhodné seč provádět až v pozdnější části léta (od druhé poloviny července). Dopad na dospělé je pak možné zmírnit rozdělením seče na více fází, přičemž během roku je vhodné realizovat pouze jednu seč na dané ploše.

Mezi další prvky zemědělského hospodaření, které pozitivně ovlivňují luční brouky, patří pruhy stromů a nesečené vegetace, které poskytují útočiště pro bezobratlé v době, kdy v okolí probíhá seč. Zároveň tyto interakční prvky navyšují celkově heterogenitu krajiny. Z hlediska podpory biodiverzity sekundárních bezlesí Hrubého Jeseníku je proto žádoucí, aby byly v zemědělsky udržované krajině plošně zavedeny uvedené formy ekologicky šetrného managementu, tj. zpožděné, časově a prostorově diferencované seče a tvorba a údržba pruhů stromů a nesečené vegetace.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Anthelme F., Grossi J.L., Brun J.J. et Didier L. 2001: Consequences of green alder expansion on vegetation change and arthropod communities removal in the northern French Alps. *Forest Ecol Manag* 145:57–65.
- Balmer O. et Erhardt A. 2000: Consequences of succession on extensively grazed grasslands for Central European butterfly communities: rethinking conservation practises. *Conserv Biol* 14:746–757.
- Balmford A., Bruner A., Cooper P., Costanza R., Farber S., Green R.E., Jenkins M., Jefferiss P., Jessamy V., Madden J., Munro K., Myers N., Naeem S., Paavola J., Rayment M., Rosendo S., Roughgarden J., Trumper K., Turner K. 2002: Economic reasons for conservation wild nature. *Science* 297:950–953.
- Banaš M., Zeidler M., Duchoslav M., Hošek J. 2010: Growth of Alpine lady-fern (*Athyrium distentifolium*) and plant species composition on a ski piste in the Hrubý Jeseník Mts., Czech Republic. *Ann Bot Fenn* 47:280–292.
- Batáry P., Baldi A., Szél G., Podlussány A., Rozner I. et Erdős S. 2007: Responses of grassland specialist and generalist beetles to management and landscape complexity. *Divers and Distribution* 13:196–202.
- Batáry P., Baldi A., Samu F., Szűts T. et Erdős S. 2008: Are spiders reacting to local or landscape scale effects in Hungarian pastures? *Biol Conserv* 141:2062–2070.
- Batáry P., Baldi A., Sárospataki M., Kohler F., Verhulst J., Knop E, Herzog F. et Kleijn D. 2010: Effect of conservation management on bees and insect-pollinated grassland plant communities in three European countries. *Agric Ecosyst Environ* 136:35–39.
- Baur B., Cremene C., Groza G., Rakosy L., Schileiko A., Baur A., Stoll P. et Erhardt A. 2006: Effects of abandonment of subalpine hay meadows on plant and invertebrate diversity in Transylvania, Romania. *Biol Conserv* 132:261–273.
- Beneš J., Konvička M., Dvořák J., Fric Z., Havel Z., Pavlíčko A., Vrabec V. et Weidenhoffer M. (eds.) 2002: Motýli České republiky: Rozšíření a ochrana I,II / Butterflies of the Czech republic: Distribution and conservation I, II. SOM.
- Benton T.G., Vickery J.A. et Wilson J.D. 2003: Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends Ecol Evol* 18:182–188.
- Bílá K., Kuras T., Šipoš J. et Kindlmann P. 2013: Lepidopteran species richness of alpine sites in High Sudetes Mts.: effect of area and isolation. *J Insect Conserv* 17:257–267.
- Brigić A., Vujčić-Karlo S., Kepčija R.M., Stančić Z., Alegro A., et Ternej I. 2014: Taxon specific response of carabids (Coleoptera, Carabidae) and other soil invertebrates taxa on invasive plant *Amorpha fructinosa* in wetlands. *Biol Invasions* 16:1497–1514.
- Bureš L. 2013: Chráněné a ohrožené rostliny Chráněné krajinné oblasti Jeseníky. Rubicco, Olomouc.
- Debano S. 2006: Effects of livestock grazing on aboveground insect communities in semi-arid grasslands of southeastern Arizona. *Biodivers Conserv* 15:2547–2564.
- Chapin F.S. III. et Körner Ch. 1994: Arctic and alpine biodiversity: Patterns, causes and ecosystem consequences. *Trends Ecol Evol* 9:45–47.

- CHKOJ 2012: Plán péče pro Chráněnou krajinnou oblast Jeseníky. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha.
- Čížek O., Zámečník J., Tropek R., Kočárek P. et Konvička M. 2012: Diversification of mowing regime increases arthropods diversity in species-poor cultural hay meadows. *J Insect Conserv* 16:215–226.
- Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., et van den Belt M. 1997: The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253–260.
- Dirnböck T., Dullinger S. et Grabherr G. 2003: A regional impact assessment of climate and land-use change on alpine vegetation. *J Biogeogr* 30:401–417.
- Espírito-Santo M.M., de S. Neves F., Andrade-Neto F.R. et Fernandes G.W. 2007: Plant architecture and meristem dynamics as the mechanisms determining the diversity of gall-inducing insects. *Oecologia* 153:353–364.
- Finch O.D. et Szumelda A. 2007: Introduction of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) into Western Europe: Epigaeic arthropods in intermediate-aged pure stands in northwestern Germany. *Forest Ecol Manag* 242:260–272.
- Gaston K.J. 2000: Global pattern in biodiversity. *Nature* 405:220–227.
- Gerlach J., Samways M. et Pryke J. 2013: Terrestrial invertebrates as bioindicators: an overview of available taxonomic groups. *J Insect Conserv* 17:831–850.
- Gibson D.J. 2009: Grasses and grassland ecology. Oxford University Press, Oxford.
- Gillot C. 2005: Entomology. Springer, Dordrecht.
- Gordon J.E., Dvořák I., Johansson CH., Josefsson M., Kociánová M. et Thompson D.B.A. 2002: Geo-ecology and management of sensitive montane landscapes. *Geogr Ann* 84:193–203.
- Grabherr G., Gottfried M. et Pauli H. 1994: Climate effects on mountain plants. *Nature* 369:448.
- Grabherr G., Nagy L. et Thomphson D.B.A. 2003: An outline of Europe's alpine areas. In: Nagy L., Grabherr G., Körner Ch., Thompson D.B.A. (eds) *Alpine biodiversity in Europe*. Ecological Studies, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- de Groot M., Kleijn D. et Jogan N. 2007: Species groups occupying different trophic levels respond differently to the invasion of semi-natural vegetation by *Solidago canadensis*. *Biol Conserv* 136:612–617.
- de Groot R.S., Alkemade R., Braat L., Hein L. et Willemsen L. 2010: Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecol Complex* 6:453–462.
- Hamerník J. et Musil I. 2007: The *Pinus mugo* complex – its structuring and general overview of the used nomenclature. *J Forest Sci* 53:253–266.
- Hanski I. et Cambefort Y. (eds) 1991: Dung beetle ecology. Princeton University Press, Princeton.
- Haysom K.A. et Coulson J.C. 1998: The Lepidoptera fauna associated with *Calluna vulgaris*: effects of plant architecture on abundance and diversity. *Ecol Entomol* 23:377–385.
- Holuša O. 1997: Nové znalosti o rozšíření vážek rodu *Somatochlora* na území bývalého Československa (Odonata: Corduliidae). *Klapalekiana* 33:23–28.

- Hossain Z., Gurr G.M., Wratten S.D. et Raman A. 2002: Habitat manipulation in lucerne *Medicago sativa*: arthropod population dynamics in harvested and 'refuge' crop strips. *J Appl Ecol* 39:445–454.
- Humbert J.-Y., Ghazoul J., Richner N. et Walter T. 2012: Uncut grass refuges mitigate the impact of mechanical meadow harvesting on orthopterans. *Biol Conserv* 152:96–101.
- Hůrka K. 1996: Carabidae of the Czech and Slovak Republics – Illustrated key. Kabourek, Zlín.
- Hůrka K., Veselý P. et Farkač J. 1996: Využití střevlíkovitých (Coleoptera: Carabidae) k indikaci kvality prostředí. *Klapalekiana* 32:15–26.
- Jeník J. et Hampel R. 1992: Die waldfreien Kammlagen des Altwatergebirges (Geschichte und Ökologie). MSSGV, Stuttgart.
- Kašák J., Mazalová M., Holec V. et Kuras T. 2011: Jak se žije motýlům v CHKO Jeseníky aneb seznam padlých a přeživších. In Bryja J., Řehák Z. et Zukal J. (eds.) *Zoologické dny Brno 2011. Sborník abstraktů z konference 17.-18. února 2011.* 101.
- Kessler T., Cierjacks A., Ernst R. et Dziöck F. 2012: Direct and indirect effects of ski run management on alpine Orthoptera. *Biodivers Conserv* 21:281–296
- Knop E., Kleijn D., Herzog F. et Schmid B. 2006: Effectiveness of the Swiss agri-environment scheme in promoting biodiversity. *J Appl Ecol* 43:120–127.
- Konvička M., Beneš J., Čížek O., Kopeček F., Konvička O. et Vitaz L. 2008: How too much care kills species: Grassland reserves, agri-environmental schemes and extinction of *Colias myrmidone* (Lepidoptera: Pieridae) from its former stronghold. *J Insect Conserv* 12:519–525.
- Kremen C., Merelender A.M. et Murphy D.D. 1994: Ecological monitoring: A vital need for integrated conservation and development programs in the tropics. *Conserv Biol* 8:388–397.
- Kruess A. et Tschamtker T. 2002: Grazing intensity and the diversity of grasshoppers, butterflies and trap-nesting bees and wasps. *Conserv Biol* 16:1570–1580.
- Kubota H. et Shimano K. 2010: Effects of ski resort management on vegetation. *Landsc Ecol Eng* 6:61–74.
- Kulfan J., Štrbová E. et Zach P. 2012: Effect of vegetation and management on occurrence of larvae and adults of generalist *Maniola jurtina* L. (Lepidoptera) in meadow habitats. *Pol J Ecol* 60:601–609.
- Kuras T., Sitek J., Liška J., Mazalová M. et Černá K. 2009: Motýli (Lepidoptera) národní přírodní rezervace Praděd (CHKO Jeseníky): implikace poznatků v ochraně území. *Čas Slez Muz Opava (A)* 58:250–288.
- Lindroth C.H. 1992: Ground beetles (Carabidae) of Fennoscandia. A zoogeographical study: Part 1-3. Smithsonian Institution Libraries and the National Science Foundation, Washington.
- Ložek V. 2007: *Zrcadlo minulosti. Česká a slovenská krajina v kvartéru.* Dokořán, Praha.
- Marini L., Fontana P., Battisti A. et Gaston K.J. 2009: Agricultural management, vegetation traits and landscape drive orthopteran and butterfly diversity in a grassland–forest mosaic: a multi-scale approach. *Insect Conserv Diver* 2:213–220.

- Mason N.W.H., Mouillot D., Lee W.G. et Wilson J.B. 2005: Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. *Oikos* 111:112–118.
- Maclaurin J. et Sterelny K. 2008: *What is biodiversity?* The University of Chicago Press, Chicago and London.
- McGeoch A.M. 1998: The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biol Rev* 73:181–201.
- Moericke V. 1951: Eine Farbfalle zur Kontrolle des Fluges von Blattläusen, insbesondere der Pflanzschädler *M. ersicae* (Sulz). *Nachrbl Dtsch Pflzschutzd* 3:23–24.
- Mouchet M.A., Villéger S., Mason N.W.H. et Mouillot D. 2010: Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. *Funct Ecol* 24:867–876.
- Müller J., Bussler H. et Kneib T. 2008: Saproxylic beetle assemblages related to silvicultural management intensity and stand structures in a beech forest in Southern Germany. *Eur J Insect Conserv* 12:107–124.
- Nagy L. et Grabherr G. 2009: *The biology of alpine habitats.* Oxford University Press, Oxford.
- Negro M., Casale A., Migliore L., Palestrini C. et Rolando A. 2007: The effect of local anthropogenic habitat heterogeneity on assemblages of macro-carabids (Coleoptera, Caraboidea) endemic to the Alps. *Biodivers Conserv* 16:3919–3932.
- Negro M., Isaia M., Palestrini C. et Rolando A. 2009: The impact of forest ski-pistes on diversity of ground-dwelling arthropods and small mammals in the Alps. *Biodivers Conserv* 18:2799–2821.
- Negro M., Isaia M., Palestrini C., Schoenhofer A et Rolando A. 2010: The impact of high-altitude ski pistes on ground-dwelling arthropods in the Alps. *Biodivers Conserv* 19:1853–1870.
- Nieto A et Alexander K. 2010: European red list of saproxylic beetles. Publication Office of the EU, Luxembourg.
- Pornaro C., Schneider M.K. et Macolino S. 2013: Plant species loss due to forest succession in Alpine pasture depends on site conditions and observation scale. *Biol Conserv* 161:213–222.
- Rada S., Mazalová M., Šipoš J. et Kuras T. 2014: Impact of mowing, grazing and edge effect on orthoptera on submontane grasslands: perspectives for biodiversity protection. *Pol J Ecol* 62:123–138.
- Rainio J. et Niemelä J. 2003: Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodivers Conserv* 12:487–506.
- Rands M.R.W., Adams M.W., Bennun L., Butchart S.H.M., Clements A., Coomes D., Entwistle A., Hodge I., Kapos V., Scharlemann J.P.W., Sutherland W.J. et Bhasakr V. 2010: Biodiversity conservation: challenges beyond 2010. *Science* 329:1298–1303.
- Ries J.B. 1996: Landscape damage by skiing at the Schauinsland in the Black Forest, Germany. *Mt Res Dev* 16:27–40.
- Ristić R., Kašanin-Grubin M., Radić B., Nikić Z. et Vasiljević N. 2012: Land degradation at the Stara Planina ski resort. *Environ Manage* 49:580–592.

- Rixen C., Haeberli W. et Stoeckli V. 2004: Ground temperature under ski pistes with artificial and natural snow. *Arct Antarct Alp Res* 36:419–427.
- Roux-Fouillet P., Wipf S. et Rixen C. 2011: Long-term impacts of ski piste management on alpine vegetation and soils. *J Appl Ecol* 48:906–915.
- Rundlof M., Bengtsson J. et Smith H.G. 2008: Local and landscape effects of organic farming on butterfly species richness and abundance. *J Appl Ecol* 45:813–820.
- Rybníček K. et Rybníčková E. 2004: Pollen analyses of sediments from the summit of the Praděd range in the Hrubý Jeseník Mts (Eastern Sudetes). *Preslia* 76:331–347.
- Samways M.J. 2005: *Insect Diversity Conservation*. Cambridge University Press. New York.
- Schirmel J., Timler L. et Buchholz S. 2011: Impact of the invasive moss *Campylopus introflexus* on carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) in acidic coastal dunes at the southern Baltic Sea. *Biol Invasions* 13:605–620.
- Schmidtová T., Hajný L., Halfar J. et Chlápek J. 2009: Chráněná krajinná oblast Jeseníky. *Ochrana přírody* 64:2–6.
- Skaloš J. 2006: Patterns and changes of intensively utilised agricultural landscape in the Czech Republic between 1937 and 2002, aerial photography analysis. *Ekologia* 21: 232–248.
- Spence J.R. et Niemelä J. 1994: Sampling carabid assemblages with pitfall traps: the madness and the method. *Can Entomol* 126:881–894.
- Stanovský J. et Pulpán J. 2006: Střevlíkovití brouci Slezska (severovýchodní Moravy). Muzeum Beskyd, Frýdek-Místek.
- Starý J. 1973: Borealpinní a alpínský prvek ve fauně podčeledi Limoniinae (Tipulidae, Diptera) Jeseníků. *Zprávy Vlastivědného ústavu v Olomouci* 163:21–32.
- Stoate C., Báldi A., Beja P., Boatman N.D., Herzon I., van Doorn A., de Snoo G.R., Rakosy L. et Ramwell C. 2009: Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe – A review. *J Environ Manage* 91:22–46.
- Strong A.M., Dickert C.A. et Bell R.T. 2002: Ski trail effects on beetle (Coleoptera: Carabidae, Elateridae) community in Vermont. *J Insect Conserv* 6:149–159.
- TEEB 2010: The economic of ecosystem and biodiversity for national an international policy makers Summary: Responding to the Value of Nature 2009. Welzel+Hadt, Wesseling.
- Titus J.H. et Tsuyuzaki S. 1998: Ski slope vegetation at Snoqualmie Pass, Washington State, USA, and a comparison with ski slope vegetation in temperate coniferous forest zone. *Ecol Res* 13:97–104.
- Titus J.H. et Landau F. 2003: Ski slope vegetation of Lee Canyon, Nevada, Usa. *Southwest Nat* 48:491–504.
- Topp W., Kappes H. et Rogers F. 2008: Response of ground-dwelling beetle (Coleoptera) assemblages to giant knotweed (*Reynoutria* spp.) invasion. *Biol Invasions* 10:381–390.
- Treml V. et Banaš M. 2008: The effect of exposure on alpine treeline position: a case study from High Sudetes, Czech Republic. *Arct Antarct Alp Res* 40:751–760.
- Treml V., Wild J., Chuman T. et Potůčková M. 2010: Assessing the change in cover of non-indigenous dwarf-pine using aerial photographs, a case study from the Hrubý Jeseník Mts., the Sudetes. *J Landscape Ecol* 4:90–104.
- Vessby K., Söderström K., Glimskär A. et Svensson B. 2002: Species-richness correlations of six different taxa in Swedish seminatural grasslands. *Conserv Biol* 16:330–439.

- Wilson E.O. (ed) 1988: Biodiversity. Natinal Academy press, Washington.
- Wilson E.O. 1989: Threats to Biodiversity. Sci Ame 261:108–117.
- Wilson J.S., Griswold T. et Messinger O.J. 2008: Sampling bee communities (Hymenoptera: Apiformes) in a desert landscape: Are pan traps sufficient? J Kansas Entomol Soc 81: 288–300.
- Wipf S., Rixen C., Fischer M., Schmid B. et Stoeckli V. 2005: Effects of ski piste preparation on alpine vegetation. J Appl Ecol 42:306–316.
- Zeidler M, Duchoslav M, Banaš M. et Lešková M. 2012: Impacts of introduced dwarf pine (*Pinus mugo*) on the diversity and composition of alpine vegetation. Community Ecol 13:213–220.

Příspěvek I

Kašák J. et Gabriš R. 2011: Nálezy ekofaunisticky významných druhů brouků (Coleoptera) na Jesenicku (severní Morava, Česká republika). *Acta Musei Beskidensis*. 3: 187-192.

KRÁTKÁ SDĚLENÍ

Nálezy ekofaunisticky významných druhů brouků (Coleoptera) na Jesenicku (severní Morava, Česká republika)

Records of ecofaunistically significant beetles (Coleoptera) in the Jeseník region (northern Moravia, Czech Republic)

Keywords: faunistics, Coleoptera, Jeseník region: Hrubý Jeseník Mts., parts of Rychlebské hory Mts. and Nízký Jeseník Mts., northern Moravia, Czech Republic

Abstract. Coleopteran fauna of the Hrubý Jeseník Mts. and its close surroundings has not been comprehensively summarized so far. The aim of this paper is to contribute to the knowledge on distribution of the selected species that are important in terms of bioindication in this area. Occurrence of 26 species of 7 families is presented here. For majority of the species, so far not recorded localities in the area of interest are introduced or the occurrence was confirmed after long period. *Ceruchus chrysomelinus* (Hochenwarth, 1785), *Cicindela germanica* (Linnaeus, 1758), *Cornumutilla quadrivittata* (Gebler, 1830), *Odonteus armiger* (Scopoli, 1772) and *Rhopalopus hungaricus* (Herbst, 1784) belong among the most significant ecofaunistic representatives that were found here.

Mezi první polovinou 19. a 20. století se Jesenícko těšilo velkému zájmu entomologů. Mezi nejvýznamnější díla patří dobové faunistiky z oblasti Hrubého Jeseníku (REITTER 1870; LETZNER 1885-1889; GERHARDT 1910). Přestože se jejich autoři věnovali spíše nejvyšším partiím pohoří, poskytují uvedené práce dosud největší přehled dat za uplynulých 160 let výzkumu v oblasti. Po druhé světové válce byly postupně zpracovány vybrané čeledi brouků na území Chráněné krajinné oblasti Jeseníky (VOLÁK 1947; MALEC 1976; VAVROUŠEK 1980, 1983), v současnosti však chybí soubornější faunistické prameny. Výjimkou v tomto směru je komentovaný prodromus brouků NPR Praděd (VÁVRA 2003) a Střevlíkovití brouci Slezska (STANOVSKÝ & PULPÁN 2006). Cílem předložené práce je přispět k poznání o současném výskytu a rozšíření vybraných bioindikačně významnějších druhů v jeseníckém regionu (Hrubý Jeseník a přilehlé části Rychlebských hor a Nízkého Jeseníku). Názvoslovní taxonů bylo použito dle JELÍNKA (1993) a jednotlivé druhy byly zařazeny do kategorií Červeného seznamu (FARKAČ et al. 2005), dále v textu jen CS. Pokud v práci není uvedeno jinak, tak platí JK – leg., det. et coll. J. Kašák; RG – leg., det. et coll. R. Gabriš. V některých případech bylo pro upřesnění polohy lokalit použito zkratky PR – Přírodní rezervace; NPR – Národní přírodní rezervace.

Buprestidae

Buprestis rustica Linnaeus, 1758: Černá Voda (5668), 2.VII.2010, 4ex., RG; Žulová (5668), 29.VII.2008, 1ex., RG; Rejvíz – hora Orlik (5869), 2.VI.1998, 2ex., JK; Vidly (5869), 15.VII.1998, 1ex., leg. M. Vrána, det. et coll. J. Kašák; Karlova Studánka (5969), 2.VII.2002, 1ex., JK.

Larvy krasce se vyvíjejí v odumírajících kmenech a čerstvých pařezech smrků (*Picea* sp.) a jedlí (*Abies* sp.), v minulosti v České republice (ČR) velmi rozšířený a hojný druh (BÍLÝ 1989). Počet nálezů z poslední doby naznačuje úbytek druhu. V CS klasifikován jako téměř ohrožený (ŠKORPIK 2005).

Carabidae

Carabus cancellatus cancellatus Illiger, 1798: Žulová (5668), 7.VI.2008, 1ex., observ. et det. R. Gabriš; Vrbno pod Pradědem (5870), 20.IV.1999, 1ex., ve svahu Vysoké hory, JK. Druh otevřenějších stanovišť, na severní Moravě v současnosti vzácný (STANOVSKÝ & PULPÁN 2006). V CS klasifikován jako téměř ohrožený (VESELÝ et al. 2005).

Carabus irregularis irregularis Fabricius, 1792: Bílý potok (5869), 10.VI.2000, 1ex., JK; Vidly (5869), 20.V.2001, 1ex., JK; Vrbno pod Pradědem (5870), IV.1999, 1ex., zimující v pařezu ve svahu Vysoké hory, JK; 28.VI.1999, 1ex., JK.

Druh přírodě blízkých suťových lesů pahorkatin a hor, indikátor zachovalých ekosystémů, na území ČR ojedinělý až vzácný (HŮRKA 1996). Z Hrubého Jeseníku v posledních dekádách neuváděn (STANOVSKÝ & PULPÁN 2006). V CS klasifikován jako téměř ohrožený (VESELÝ et al. 2005).

Carabus variolosus Fabricius, 1787: Bílý potok env., PR Skalní potok (5869), 25.V.2002, 1ex., JK; 10.VI.2003, 1ex., JK; Vidly (5869), 26.V.2001, 1ex., JK.

Hygrofilní druh střevlíka, vázaný na pramenné potoky a okolní podmáčené plochy v horských lesích. V Čechách pravděpodobně vyhynulý, na Moravě hojněji rozšířený zejména v karpatském masívu (HŮRKA 1996; STANOVSKÝ & PULPÁN 2006; SPITZER & KONVIČKA 2010), v Jeseníkách lokální druh (STANOVSKÝ & PULPÁN 2006). V CS klasifikován jako zranitelný (VESELÝ et al. 2005).

Cicindela germanica (Linnaeus, 1758): Nové Losiny env., PR Přemyslovské sedlo (5868), 14.VIII-20.VIII.2010, 1ex., zemní past na pastvině v těsném sousedství rezervace, RG.

Svižník žijící na hlinitých půdách se sporou vegetací, dříve na pastvinách, v současnosti kolonizuje sekundární biotopy odkališť a deponií elektrárenského popílku. Na severní Moravě znám pouze z Ostravska (STANOVSKÝ & PULPÁN 2006). V CS klasifikován jako zranitelný (VESELÝ et al. 2005).

Pterostichus rufitarsis cordatus Letzner, 1842: Vidly env., PR Jelení bučina (5869), X.2010, 1ex., pod kůrou padlého smrku ztepilého (*Picea abies* (L.) Karsten), JK.

Karpatsko-sudetský střevlíček, druh přírodě blízkých lesů, ve Slezsku lokální výskyt především v Hrubém Jeseníku a Beskydech (STANOVSKÝ & PULPÁN 2006). V CS klasifikován jako téměř ohrožený (VESELÝ et al. 2005).

Cerambycidae

Aegomorphus clavipes (Schrank, 1781): Skorošice (5668), III.2009 (larva), 1ex., dochován z větve třešně ptačí (*Prunus avium* (L.) L.), RG; Vápenná (5768), 1.VII.2007, 2ex., RG; IV.2008 (larva), 1ex., dochován z kmene vrby jívy (*Salix caprea* L.), RG; Vidly (5869), 2.VIII.2002, 4ex., JK; Vrbno pod Pradědem – Železná (5870), IV.2002 (larva), 1ex., dochován z kmene jeřábu (*Sorbus* sp.), JK.

Lokální druh šetrněji obhospodařovaných listnatých lesů. Na severní Moravě udáván ze západní části Hrubého Jeseníku a z Beskyd (SLÁMA 1998; SZOPA 2002).

Cornumutilla quadrivittata (Gebler, 1830): Žulová (5668), 19.XII.2002, 1ex., v intravilánu obce ve sklepě na palivovém dříví neznámého původu, RG.

Boreomontánní tesařík, na území ČR znám dosud pouze z několika lokalit v klimaxových smrčínách Hrubého Jeseníku (SLÁMA 1998). V CS klasifikován jako kriticky ohrožený (REJZEK 2005).

Oberea pupillata (Gyllenhal, 1917): Vrbno pod Pradědem (5870), II.2001 (larva), 1ex., ve svahu Vysoké hory, JK; Vrbno pod Pradědem – Mnichov (5870), V.2003 (larva), 1ex., u Beránkovy pily, JK. Oba exempláře byly dochovány z odumírajících kmínků zimolezu černého (*Lonicera nigra* L.).

Lokální a vzácný druh přirozených i umělých porostů zimolezu (*Lonicera* sp.). Ze severní Moravy jsou známy převážně starší nálezy (SLÁMA 1998; SZOPA 2002).

Monochamus sutor (Linnaeus, 1758): Žulová (5668), 7.VII.2005, 1ex., RG; Bílý potok (5869), 30.VII.1998, 1ex., JK; 6.VII.1999, 1ex., JK; 2.VII.1999, 2ex., JK; 10.VII.1999,

1ex., JK; 28.VII.1999, 1ex., JK; 2.VIII.1999, 1ex., JK; 7.VI.2000, 1ex., JK; 2.VIII.2002, 1ex., JK; Bílý potok – Dykova chata (5869), VII.2006., 2ex., JK; Bílý potok env., PR Skalní potok (5869), 10.VI.2003, 1ex., JK; 15.VI.2003, 1ex., JK.

Na území ČR vzácný druh horských smrčín, hojnější pouze na Šumavě, v Novohradských horách, Jeseníkách a Beskydech (SLÁMA 1998).

Pogonocherus ovatus (Goeze, 1777): Nýznerov (5768), II.2011, 12ex., RG; Jeseník env., hora Zlatý chlumu (5769), 20.XII.2008, 1ex., RG; Karlovice env., Obří vrch (5870), 26.XII.2010, 1ex., observ. et det. J. Kašák; Markvartice (5970), 19.III.2011, 1ex., v lese 500 m západně od obce, JK; Pocheň (5970), 15.II.2009, 2ex., v lese 500 m severně od obce, JK. Všechny exempláře byly nalezeny pod šupinami kůry u pat živých kmenů jedle bělokore (Abies alba Mill.).

V Čechách a na Moravě lokální druh závislý na zbytcích lesů se zastoupením starších jedlí. Ze zájmové oblasti udáván pouze ze severní části Jeseníků (SLÁMA 1998). V CS klasifikován jako téměř ohrožený (REJZEK 2005).

Rhopalopus ungaricus (Herbst, 1784): Vidly (5869), 25.VII.2006, 1ex., na starém javoru kleny (*Acer pseudoplatanus* L.), JK; Bílý potok – chatová osada Na Výsluní (5870), 17.VII.2006, 1ex., mrtvý jedinec pod javorem klenem, JK.

Tesařík vázaný na staré osluněné javory (*Acer* sp.), na celém území ČR vzácný (SLÁMA 1998). Z Jeseníků (Kouty nad Desnou) uváděn poslední nález VAVROUŠKEM (1983). V CS klasifikován jako ohrožený (REJZEK 2005).

Saperda perforata (Pallas, 1773): Žulová (5668), III.2007 (larva), 2ex., RG; Vrbno pod Pradědem (5870), V.2004 (kukla), 2ex., u řeky Opavy asi 1 km jižním směrem od města, JK; Vrbno pod Pradědem – Mnichov (5870), V.2000 (larva), 2ex., JK; Vrbno pod Pradědem – Železná (5870), VI.2002 (kukla), 3ex., JK; Vrbno pod Pradědem (5870), V.2002 (larva), 3ex., ve svahu Vysoké hory, JK;. Všechny exempláře byly dochovány z mrtvých nebo odumírajících kmenů topolu osiky (*Populus tremula* L.).

V ČR lokální druh lesů a stromořadí s odumírajícími topoly (*Populus* sp.), hojnější pouze v úvalech Dyje a Moravy, ze Slezska dosud neuváděn (SLÁMA 1998).

Elateridae

Ctenicera virens (Schrank, 1781): Bílý potok env., PR Skalní potok (5869), 1.VI.2002, 1ex., JK.

Vzácný kovařík vázaný na neregulované horské toky, indikátor periodicky zaplavovaných břehů. V zájmové oblasti znám pouze z několika málo lokalit (VÁVRA 2003). V CS klasifikován jako ohrožený (VÁVRA 2005).

Diacanthous undulatus (De Geer, 1774): Vidly (5869), 19.VII.1999, 1ex., JK.

Horský druh přírodě blízkých lesů s odumřelými kmeny, především jehličnatých stromů. Na území ČR se vyskytuje např. na Šumavě a Kralickém Sněžníku (LAIBNER 2000), v regionu jsou známy jen jednotlivé nálezy (VÁVRA 2003). V CS klasifikován jako ohrožený (VÁVRA 2005).

Lucanidae

Ceruchus chrysomelinus (Hochenwarth, 1785): Bělá pod Pradědem env., PR Borek u Domašova (5869), 6.XI.2010, 1 mrtvý ex. a 2 larvy, v padlém trouchnivém kmenu jedle bělokore, JK.

Reliktní druh podhorských a horských lesů vázaný na odumřelé kmeny především jedlí a smrků. Na území ČR se vyskytuje v některých hraničních pohorích – Beskydy, Šumava,

Krkonoše atd. (BALTHASAR 1956). Z Hrubého Jeseníku udávány pouze historické nálezy (GERHARDT 1910). V CS klasifikován jako kriticky ohrožený (KRÁL 2005).

Meloidae

Meloe violaceus Marsham, 1802: Nové Losiny env., PR Přemyslovské sedlo (5868), 24.IV.2009, 1ex., na pastvině v těsném sousedství rezervace, RG; Bílý potok (5869), 20.V.2000, 1ex. JK; Karlov pod Pradědem env., Malá kotlina (5969), 1217 m n.m., 15.VI.-15.VII.2006, 1ex., zemní past observ. et det. J. Kašák.

Upřednostňuje teplé a výslunné nelesní plochy, především v nížinách. Z Hrubého Jeseníku a okolí jsou známy jednotlivé nálezy, např. Alfrédka, Karlova Studánka, Ovčárna, Velká kotlina aj. (VRABEC 2003). V CS klasifikován jako zranitelný (VRABEC 2005).

Meloe rugosus Marsham, 1802: Žulová (5668), 29.XI.2009, 1ex., v intravilánu obce, leg. H. Sypťáková, det. et coll. R. Gabriš; Nové Losiny (5868), 24.IV.2009, 1ex., RG.

Obývá především otevřené, extenzivně využívané louky. Na území ČR lokální druh, ze zájmové oblasti dosud neuváděn (VRABEC 2003). V CS klasifikován jako zranitelný (VRABEC 2005).

Scarabaeidae

Aphodius bilimeckii Seidlitz, 1891: Petrovy kameny (5696), 22.V.2005, 6ex., JK; 2.VI.2007, 10ex. observ. et det. J. Kašák; Vysoká hole (5696), 14.V.2009, 4ex., RG. Všechny exempláře byly nalezeny v trsech smilky tuhé (*Nardus stricta* L.).

Alpínský druh některých pohoří střední a jižní Evropy. Okolí Praděda je jedinou lokalitou druhu na území ČR (JUŘENA et al. 2008) V CS klasifikován jako kriticky ohrožený (KRÁL 2005).

Gnorimus nobilis (Linnaeus, 1758): Nýznerov (5768), 1.VII.2007, 2ex., RG; 1.VII.2010, 3ex., RG; Bílý potok (5869), 10.VII.2009, 1ex., observ. et det. J. Kašák; Vrbno pod Pradědem – Mnichov (5870), 5.VIII.2008, 1ex., u Beránkovy pily, observ. et det. J. Kašák; IV.1998 (larvy), 2ex., dochovány z dutiny buku lesního (*Fagus sylvatica* L.) ve starých lomech západně od obce, JK.

Druh vývojem vázaný na dutiny stromů nejčastěji v podhůří a horách (BALTHASAR 1956), z Hrubého Jeseníku dosud literárně neudáván. V CS klasifikován jako zranitelný (KRÁL 2005).

Liocola lugubris (Herbst, 1786): Žulová (5668), IV.2001 (larva), 19ex., dochovány z dutiny vrby (*Salix* sp.), RG; 7.VI.2008, 1ex., RG; Písečná (5769), 10.VI.1999, 1ex., písečný lom severně od obce JK; Bruntál (5970), 20.VII.2007, 1ex., v bývalém vojenském prostoru severně od města, JK.

Zlatohlávek vázaný na dutiny různých listnatých stromů, na území ČR rozšířen spíše v nižších polohách (BALTHASAR 1956).

Odonteus armiger (Scopoli, 1772): Nové Losiny env., PR Přemyslovské sedlo (5868), 23.VII.-6.VIII.2010, 3ex., zemní past na pastvině v těsném sousedství rezervace, RG; 8.VIII.-14.VIII.2010, 1ex., v Moerickeho misce, observ. et det. R. Gabriš.

Druh se vyskytuje na stanovištích stepního a lesostepního charakteru, larvy i dospělci se živí podzemními houbami. Na území ČR rozšířen roztroušeně, především v nížinách a pahorkatinách. Na severní Moravě v současnosti znám pouze na Ostravsku (SABOL 2010), z Hrubého Jeseníku (Bělá pod Pradědem) jej uvádí historicky GERHARDT (1910). V CS klasifikován jako ohrožený (KRÁL 2005).

Oryctes nasicornis andrejanus Minck, 1916: Vápenná (5768), 1.VII.2007, 20ex., observ. et det. R. Gabriš; Karlovice (5870), 25.VI.2002, 1ex., JK; Vrbno pod Pradědem (5870), 5.VII.2002, 1ex., JK; Bruntál (6070), 30.V.2004, 1ex., u zámeckého parku, JK.

Původně druh dutin starých stromů, rozšířil se na různá náhradní stanoviště, jakými jsou kompostovací a odpadní plochy se dřevem – zahradní komposty, deponie odpadu z pil, arboreta, rozária aj. (cf. BALTHASAR 1956). Niže uvedené nálezy dokládají schopnost druhu přežít i v podhorských oblastech. V CS klasifikován jako ohrožený (KRÁL 2005).

Trichius fasciatus (Linnaeus, 1758): Nýznerov (5768), 1.VII.2010, 5ex., RG; Skorošice env., Kaní hora (5668), 17.VII.2009, 1ex., RG; Vápenná (5768), 19.VI.2007, 5ex., RG; Žulová (5668), 18.VI.2006, 2ex., RG; Bílý potok (5869), 10.VII.1998, 2ex., JK; 22.VI.2000, 2ex., JK; 10.VII.2001, 2ex. JK.

V lesnatých pohořích ČR místy hojný, larvy druhu se vyvíjí ve stromech s dutinami (BALTHASAR 1956). Ze zájmové oblasti uváděn pouze historicky (GERHARDT 1910). V CS klasifikován jako téměř ohrožený (KRÁL 2005).

Silphidae

Silpha tyrolensis Laicharting, 1794: Karlov pod Pradědem env., Malá kotlina (5969), 15.VII-2.VIII.2006, 1ex., zemní past, JK; Vysoká hole (5969), 10.V.2007, 1ex., JK.

Boreomontánní druh, v ČR znám pouze z Hrubého Jeseníku a Šumavy (KOČÁREK 1996; HÁVA & RŮŽIČKA 1997). Malá kotlina je novou lokalitou pro druh v masivu hlavního hřebene Hrubého Jeseníku. V CS klasifikován jako téměř ohrožený (RŮŽIČKA 2005).

Staphylinidae

Emus hirtus (Linnaeus, 1758): Žulová (5668), 10.V.2009, 1ex., RG; Nové Losiny env., PR Přemyslovské sedlo (5868), 8.V.2009, 1ex., v těsném sousedství rezervace, RG. Oba exempláře nalezeny v trusu skotu.

Vyskytuje se na exkrementech hovězího dobytka, v minulosti vzácný druh (KOČÁREK 1997). Nové nálezy v posledních dekádách nasvědčují šíření tohoto drabčička (KONVIČKA 2010). V CS klasifikován jako ohrožený (BOHÁČ et al. 2005).

V předloženém článku uvádíme z Jesenického regionu (pohoří Hrubého Jeseníku a blízké okolí) celkem 26 ekologicky nebo faunisticky významných druhů brouků, z toho je 21 uvedeno v Červeném seznamu bezobratlých ČR (FARKAČ et al. 2005). Mezi kriticky ohrožené jsou zařazeny 3 druhy (*Aphodius bilimeckii*, *Ceruchus chrysomelinus* a *Cornumutilla quadrivittata*), mezi ohrožené 6 druhů (*Ctenicera virens*, *Diacanthous undulatus*, *Emus hirtus*, *Odonteus armiger*, *Oryctes nasicornis* a *Rhopalopus ungaricus*), mezi zranitelné 5 druhů (*Carabus variolosus*, *Cicindela germanica*, *Gnorimus nobilis*, *Meloe rugosus* a *M. violaceus*) a mezi téměř ohrožené je zařazeno 7 druhů (*Buprestis rustica*, *Carabus cancellatus*, *C. irregularis*, *Pogonocherus ovatus*, *Pterostichus rufitarsis*, *Silpha tyrolensis* a *Trichius fasciatus*).

Poděkování. Autoři děkují Monice Mazalové (Olomouc) za kritické připomínky k textu a Jiřímu Vávrovi (Ostrava) za cenné rady při tvorbě rukopisu.

BALTHASAR V. 1956: Brouci listoroží – Lamellicornia. Díl I. Pleurosticti. Fauna ČSR 8. NČSAV, Praha, 288 pp. – BÍLÝ S. 1989: Krascovití, Buprestidae. Zoologické klíče. Academia, Praha, 111 pp. – BOHÁČ J., MATĚJČEK J. & ROUS R. 2005: Staphylinidae (drabčikoví). In: FARKAČ J., KRÁL D. & ŠKORPÍK M. (eds.): Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, pp. 435-449. – FARKAČ J., KRÁL D. & ŠKORPÍK M. (eds.) 2005: Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí.

Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, 760 pp. – GERHARDT J. 1910: Verzeichnis der Käfer Schlesiens preussischen und österreichischen Anteils, geordnet nach dem Catalogus Coleopterum Europae vom Jahre 1906. Dritte neubearbeitete Auflage. Verlag von Julius Springer, Berlin, 431 pp. – HŮRKA K. 1996: Carabidae České a Slovenské republiky. Kabourek, Zlín, 565 pp. – HÁVA J. & RŮŽIČKA J. 1997: Faunistic records from the Czech Republic – 58. Coleoptera: Silphidae. Klapalekiana, 33: 6. – JELÍNEK J. 1993: Check-list of Czechoslovak Insects IV (Coleoptera). Seznam československých brouků. Folia Heyrovskyna, Suppl. 1: 3-172. – JUŘENA D., TÝR V. & BEZDĚK A. 2008: Příspěvek k faunistickému výzkumu listorohých brouků (Coleoptera: Scarabaeoidea) na území České republiky a Slovenska. Klapalekiana, 44(Suppl.): 17-176. – KOČÁREK P. 1996: Příspěvek k rozšíření *Silpha tyrolensis* Laicharting, 1781 (Coleoptera, Silphidae) v Jeseníkách (Česká republika). Časopis Slezského Muzea Opava (A), 45: 51-54. – KOČÁREK P. 1997: K výskytu *Emus hirtus* na území České republiky (Coleoptera: Staphylinidae). Klapalekiana, 33: 185-186. – KONVIČKA O. 2010: Příspěvek k faunistice brouků (Coleoptera) Valaška (východní Morava, Česká republika). Acta Carpathica Occidentalis, 1: 3-12. – KRÁL D. 2005: Scarabaeoidea (listorohy). In: FARKAČ J., KRÁL D. & ŠKORPÍK M. (eds): Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, pp. 453-455. – LAIBNER 2000: Elateridae České a Slovenské republiky. Kabourek, Zlín, 292 pp. – LETZNER K. 1885: Verzeichniss der Käfer Schlesiens. Zeitschrift für Entomologie der Verein für schlesische Insektenkunde zu Breslau, 10(1885): 1-68, 11(1886): 69-148, 12(1887): 149-180, 13(1888): 181-236, 14(1889): 237-284. – MALEC B. 1976: Tesaříkovití v Chráněné krajinné oblasti Jeseníky (Cerambycidae, Coleoptera). Zprávy Československé Společnosti Entomologické, ČSAV, 12: 93-97. – REITTER K. 1870: Uebersicht der Käfer-Fauna von Mähren und Schlesien. Verhandlungen des Naturforschenden Vereines, Brünn, 8(2): 1-195. – REJZEK M. 2005: Cerambycidae (tesaříkovití). In: FARKAČ J., KRÁL D. & ŠKORPÍK M. (eds): Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, pp. 530-532. – SLÁMA M. E. F. 1998: Tesaříkovití – Cerambycidae České republiky a Slovenské republiky (Brouci – Coleoptera). Milan Sláma, Krhanice, 383 pp. – RŮŽIČKA J. 2005: Silphidae (mrchožroutovití). In: FARKAČ J., KRÁL D. & ŠKORPÍK M. (eds): Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, pp. 429-430. – SABOL O. 2010: Příspěvek k rozšíření chrobáka ozbrojeného *Odonteus armiger* (Coleoptera, Scarabaeoidea) na severní Moravě. Acta Musei Beskidensis, 2: 196-197. – SPITZER L. & KONVIČKA O. 2010: Rozšíření stěvlíka *Carabus variolosus*, Fabr. (Coleoptera: Carabidae) na Valašsku (okres Vsetín, Česká republika) s poznámkami k jeho biologii. Časopis Slezského Muzea Opava (A), 59: 59-70. – STANOVSKÝ J. & PULPÁN J. 2006: Stěvlíkovití brouci Slezska (severovýchodní Moravy). Muzeum Beskyd, Frýdek-Místek, 159 pp. – SZOPA R. 2002: Příspěvek k poznání tesaříkovitých (Coleoptera: Cerambycidae) Jablunkovské brázdy a blízkého okolí. Klapalekiana, 38: 63-83. – ŠKORPÍK M. 2005: Buprestidae (krascovití). In: FARKAČ J., KRÁL D. & ŠKORPÍK M. (eds): Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, pp. 464-468. – VÁVRA J. 2003: Brouci (Coleoptera) NPR Pradě (Přehled dosavadních poznatků o fauně brouků (Coleoptera) NPR Pradě a nejbližšího okolí). [ms.]. Depon in: Správa Chráněné krajinné oblasti ČR, Jeseník-Bukovice, 31 pp. – VÁVRA J. CH. 2005: Elateridae (kovaříkovití). In: FARKAČ J., KRÁL D. & ŠKORPÍK M. (eds): Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, pp. 469-773. – VAVROUŠEK J. 1980: Stěvlíkovití v Chráněné krajinné oblasti Jeseníky (Coleoptera, Carabidae). Entomologický Zpravodaj, Ostrava, 10(2): 35-40. – VAVROUŠEK J. 1983: Stěvlíkovití a kovaříkovití v Chráněné krajinné oblasti Jeseníky (Coleoptera-Carabidae, Elateridae). Zprávy Československé Společnosti Entomologické, ČSAV, 19(3): 95-104. – VESELÝ P., MORAVEC P. & STANOVSKÝ J. 2005: Carabidae (stěvlíkovití). In: FARKAČ J., KRÁL D. & ŠKORPÍK M. (eds): Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, pp. 406-411. – VOLÁK J. 1947: Pokus o zoogeografické zpracování Carabid Jeseníků. Entomologické Listy, 10: 65-74. – VRABEC V. 2003: Rozšíření druhu *Meloe rugosus* (Coleoptera: Meloidae) v ČR. In: BRYJA J. & ZUKAL J. (eds.): Zoologické dny Brno 2003, Sborník abstraktů z konference 13.-14. února 2003, Ústav biologie obratlovců AV ČR: 101. – VRABEC V. 2005: Meloidae (majkovití). In: FARKAČ J., KRÁL D. & ŠKORPÍK M. (eds.): Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha, pp. 521-522.

Josef KAŠÁK¹⁾ & Radim GABRIŠ²⁾

¹⁾ Družstevní 594, CZ-793 26 Vrbno pod Pradědem, email: Abovic@seznam.cz

²⁾ Nýznerovská 258, CZ-790 66 Skorošice, email: Radim.Gabris@seznam.cz

Příspěvek II

Mazalová M., **Kašák J.** et Kuras T. 2012: Annotated entomological bibliography of the Praděd National Nature Reserve (Hrubý Jeseník Mts.) Časopis Slezského muzea v Opavě. Série A. 61: 23-42.

Annotated entomological bibliography of the Praděd National Nature Reserve (Hrubý Jeseník Mts.)

Monika Mazalová, Josef Kašák & Tomáš Kuras

Annotated entomological bibliography of the Praděd National Nature Reserve (Hrubý Jeseník Mts.). – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 61: 23-42, 2012.

Abstract: We concentrated on gathering entomological works focused on the Praděd National Natural Reserve (NNR) to the end of 2010. The bibliography comprises 433 published and unpublished works that deal with insect fauna of the Praděd NNR. The titles have originated from the years 1819–2010. Almost the same number of studies has been devoted to Coleoptera (100) as to Lepidoptera (97) and Diptera (102). The remaining 134 papers deal with other groups of insects.

Keywords: Insecta, bibliography, Praděd National Nature Reserve, Hrubý Jeseník Mts., Czech Republic

Introduction

The present bibliography summarizes existing published and unpublished works that focus on the insect fauna of the Praděd National Natural Reserve (Praděd NNR). The bibliography includes all available significant sources up to the end of 2010.

The Praděd NNR protects the most valuable natural phenomena of the Hrubý Jeseník mountain range, in other words, the whole of the High Sudetes. The reserve was created by the fusion of separate protected areas in 1991 and with the present area of 2031 hectares it is the largest National Nature Reserve in the Czech Republic (Schmidtová et al. 2009).

The altitudinal and geomorphologic heterogeneity of the area supports biodiversity (Jeník 1998), including invertebrates. The uniqueness of the insect communities of the Praděd NNR is given by the geographical position and isolation of the mountains, by the presence of the Velká and Malá Kotlina cirque that are rich in flora, by naturally developed timberline and by postglacial absence of dwarf pine (Kuras et al. 2009). Nevertheless, a comprehensive overview of entomofauna is still lacking. Therefore, the goal of this text is to summarize entomologically aimed works that include significant data on fauna in the Praděd NNR. The authors added known, unpublished studies to the main publication overview, yet its list needs to be taken only informatively.

The bibliography represents an important initial information source that should rationalize and increase the efficiency of a future faunal research in the region. In its content it follows up the previous, less known bibliographies (see Laus 1901, 1928; Syniawa 2006).

Methods

The presented bibliography includes both published and available unpublished materials and studies aimed at insect fauna of the Praděd NNR. The main criteria for inclusion were defined as follows: (a) there is significant amount of faunistic records in a study, (b) a work includes taxonomic description of a species from the Praděd NNR, (c) a work provides a record of a new species for the Czech Republic/Moravia/Silesia, or, finally, (d) a study is valuable for bringing important ecological knowledge of species or their communities.

Area of interest

We have attempted to compile a list of studies from the region approximately defined by the borderline of the Praděd NNR. Nevertheless, many of older studies come from a period preceding the declaration of the NNR.

Therefore, we included all relevant papers on Praděd (= Altvater, Altvatergebiet), summits of the Jeseníky mountains (Kämme des Gesenkes) etc.

Abstracted information sources

The works included in the bibliography comprise mainly studies published in regional journals (e. g. *Zeitschr. Entomol. Ver. Schles. Insekt., Übers. Arb. Ver. Schles. Ges. Vaterl. Kult., Čas. Slez. Muz. Opava (A)*, etc.) and unpublished documents and final reports deposited at the administration office of the Jeseníky Protected Landscape Area (Jeseníky PLA), or the Nature Conservation Agency of the Czech Republic and at the Ministry of Environment of the Czech Republic, Prague. Key sources were bibliographies, published up to now, dealing with the research of natural history in the broader region in general (see Laus 1901, 1928; Syniawa 2006 etc.), or bibliographies comprising the works focused on the particular taxa (Šedivý & Bezděčka 2001, 2002; Rozkošný 1971; Rozkošný & Vaňhara 1988 etc.). The works mentioned above are cited in the final references. At the same time, regional entomologists were invited to supplement the bibliography.

Considering the disproportional number of studies concentrated on individual taxa, we divided the bibliography into four sections: Lepidoptera, Coleoptera, Diptera and “other insect orders” (the less common groups of insects according to number of publications dealt with). In case of more complex works concerning more than one insect order we organized them in the “other insect orders” section. The unpublished works are always put at the end of each bibliography section. There is a brief mention of the most important findings from the ecofaunistic or conservation-biological point of view in the text for each of the four defined groups.

Results

The presented bibliography consists of 433 studies in total. They have been written over the span of nearly two centuries, from 1819–2010. Almost the same numbers of studies have been devoted to Coleoptera (100) as to Lepidoptera (97) and Diptera (102). The remaining 134 papers deal with other groups of insects. The trends in interests of the expert entomological public to investigate in the Praděd NNR are depicted in Fig. 1.

Basic faunistic research in the Praděd NNR has a very long history compared to other regions of Central Europe. This is probably a consequence of mountains' attractiveness. On the other hand, the proximity of Wroclaw University in Poland probably played an important role as well.

During the postwar era a research was implemented mostly by experts from the regional museums (in Opava, Ostrava, Olomouc, Brno and Prague), due to the universities in Olomouc and Ostrava and through the base of non-professionals united through the Czech Entomological Society, or due to the Regional Entomological Club in Ostrava.

Fig. 1 depicts research of the region in the first half of the 20th century focused mainly on insect groups attractive to collectors (i.e. beetles and butterflies). Number of papers dealing with other taxa is minimal. While research intensity of attractive groups of insects was stable for the most of the 20th century, there was an increase of interest in neglected groups during the second half of the 20th century (i. e. Diptera, Heteroptera, Hymenoptera etc.).

As to the content of individual works, we may cover a few points. At the outset of faunistic research, the findings brought several comprehensive studies crucial for later faunistic investigation (see works by Pax, Letzner, Wocke and others). These studies were of very high quality at that time and were not repeated later. The qualitative turning point was the Second World War followed by displacement of German speaking inhabitants and restructuring of specialized institutions. In the post-war period the area research significantly shifted toward a non-professional base. A number of partial studies and reports were published, but their comprehensive evaluation is missing. A recovery of scientific work in the region came later in the 20th century. Nowadays, there are investigations in the field of conservation biology, implemented in the Praděd NNR (see Konvička et al. 2002; Kuras et al. 2000, 2001, 2003; Kašák a Kuras 2006, 2007 and others).

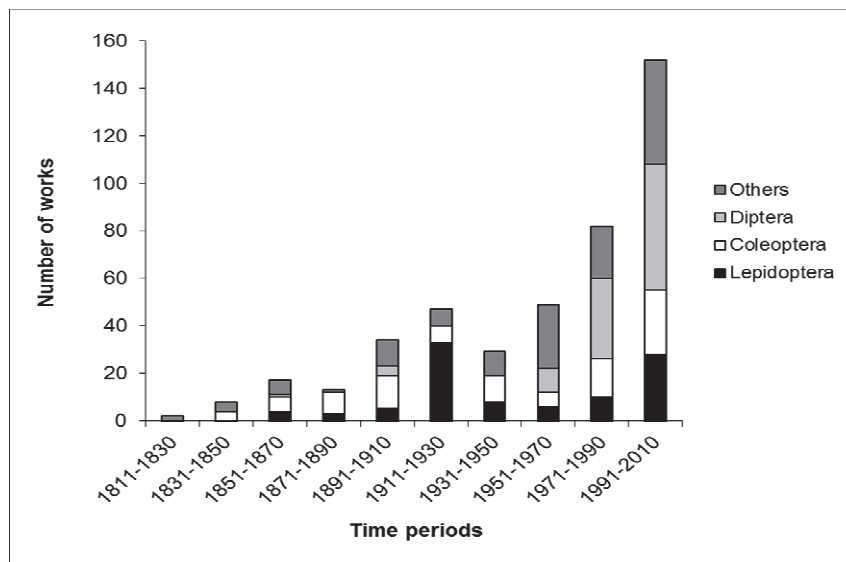


Fig. 1: Time trends in the interest of an entomological investigation in the Praděd NNR.

Lepidoptera

Scientific research focused on butterflies and moths of the Praděd Mt. and its environs has a long tradition reaching back to first decades of the 19th century (Koschatzky 1819). Yet the study mentioned above does not deal only with butterflies. In the course of nearly two centuries there have been a number of papers devoted to the butterflies of the Praděd NNR. The first localized data were completed by Wocke in the middle of the 19th century. The records come mainly from the Švýcárna chalet and the surroundings of the Malý Děd (Wocke 1848, 1850), from the border area of historic countries Moravia and Silesia. Wocke continued on regular field trips in the following years and he summarized his findings in two volumes of “*Verzeichniss der Falter Schlesiens*” (Wocke 1872, 1874). These works became the fundamental material for the subsequent systematical faunistic research of the region.

There were also other German entomologists who contributed to early knowledge of the butterflies of Praděd’s Silesian area (see Assmann, Neustädt, Petry). The first attempt for a detailed overview of Praděd’s lepidopteran fauna was made by Kolenati (1859) in “*Fauna des Altvaters (hohen Gesenkes der Sudeten)*”. Skala (1912, 1913, 1931) summarized in broader context the knowledge of lepidopteran fauna for Moravia (including the Moravian part of the Praděd massif). Wolf (1927, 1935) compiled a similar prodromal overview for Silesia, where he listed findings from the Silesian side of the interest area. We can mention only partial studies from the pre-war and inter-war periods that are focused especially on the broader area and that mention the Praděd lepidopteran fauna only marginally (Skala 1923, 1924, 1942; Hein 1928–29).

In the post-war era the systematical biological research of Silesia and adjacent part of Moravia diminished. One of the exceptions is the commented overview of Praděd’s peak butterflies (Povolný & Gregor 1950). Komárek (1949), Novák & Moucha (1955) and Zavřel (1955, 1960) delivered results from occasional visits to the mountains. A recovery of the faunal research in the Hrubý Jeseník Mts. did not come until the 1970s. In this context the work of Kudla (1970) “*Macrolepidoptera Hrubého Jeseníku*” becomes significant.

Foundation of the Entomological Club by the Regional Station of Young Scientists in Ostrava-Poruba was a crucial moment. Its main task was an entomological research of the former North Moravian District and publishing the Entomological Newsletter (see Vaněk

1981; Janovský et al. 1985; Stiova 1973, 1984, 1988). Partial faunistic findings about individual species can be derived from short faunistic reports (see Starý 1973) or from studies focused on different topics which contained also lepidopteran findings (Bureš 1993, 1994; Karisch 1995).

During the last decade several papers were written primarily on ecology and faunistics of two significant mountain species, Sudeten Ringlet (*Erebia sudetica*) and Mountain Ringlet (*E. epiphron*) (Kuras et al. 2001 a, b; 2003). Another work is devoted to relict boreal tortrix moth *Sparganothis rubicundana* (Kuras & Helová 2002). Kuras et al. (2009) recently summarized lepidopteran findings in the Praděd NNR and noted the occurrence of 526 butterfly species. Out of a number of faunistically important species, bagworm *Epichnopterix sieboldi*, montane or subalpine tortrix moth *Clepsis steineriana* or grass-miner moth *Elachista* sp. (cf. *humilis*) with an unclear taxonomic status, should be mentioned. On the other side, both specially protected species of *Parnassius* are regionally extinct. Kolenati (1859) found *P. apollo* in Velká Kotlina, but the last populations of the species became extinct around the turn of the 20th century, according to Konvička and Beneš (2002). The nearest recent occurrence of *P. mnemosyne* has been confirmed in Kouty nad Desnou (Kuras & Konvička 2002).

Coleoptera

Similar to butterflies, the beetle research of the Hrubý Jeseník Mts. was initially focused on the highest sites of the mountains. The oldest studies were carried out approximately during middle of the 19th century. The first work is a list of rare beetles occurring in the area – “*Seltene Käfer aus Altvatergebirge oder Gesenke*” (Letzner 1841). In the following decades both Letzner and Kolenati visited Jeseníky repeatedly and published more data in studies dedicated to the Praděd massif (Letzner 1855; Kolenati 1859) or in an overview of Silesian beetles (Letzner 1885–1889, 1891). A very important work with a number of findings from Praděd is Reitter’s “*Übersicht der Käfer-Fauna von Mähren und Schlesien*” (1870). Letzner’s and Reitter’s studies are the base for next coleopterological research in the area of interest. The result of long-term scientific activity in the area, associated mainly with the Wrocław Entomological Club, was the comprehensive commented overview of beetles of Silesia (Gerhardt 1910), that includes most of the faunistic records of beetles from the Praděd area gained during the 19th century.

The Sudetes were in the centre of entomological interest until the Second World War. As to Coleoptera in the Praděd region, the most prolific author in terms of the number of publications was Kolbe (1907–1931). Other significant authors were Wanka (1915), Hudeček (1930) and also Fleischer with his extensive piece of work “*Přehled fauny Československé republiky*” (1927–1930). There was a decline of research in the interest area with the onset of the Second World War and the subsequent displacement of German speaking inhabitants. Therefore, we have only partial data from the area (Fassati 1946, 1949; Kudla 1949; Tesař 1953; 1957 and Heyrovský 1959). Exceptions are the comprehensive faunistic overview by Horion (1941) and the zoogeographical elaborate on ground beetles (Carabidae) of the Jeseníky (Volák 1947).

A revival of scientific research in the Praděd NNR did not occur until the 1970s. Studies concentrated on particular groups of the order have emerged. After the Jeseníky PLA was declared on 19th June 1969, families of longhorn beetles (Cerambycidae) (Malec 1976), ground beetles (Carabidae) (Vavroušek 1980, 1983) and click beetles (Elateridae) (Vavroušek 1983) have been gradually worked on. An integral part of the works is also a number of findings focusing on the area of the present-day Praděd NNR.

In the following period (approx. from 1990s) numerous studies referring to the occurrence of ecofaunistically important species were published (e.g. Boháč 1988; Čížek et al. 1991;

Strejček 1993; Kočárek 1996; Veselý & Těšál 1998; Juřena et al. 2000; Veselý et al. 2002). Out of recent studies which significantly contribute to the knowledge of the ground beetle fauna, the publication "Střevlíkovití brouci Slezska a severovýchodní Moravy" by Stanovský & Pulpán (2006) should be mentioned. A new trend in the research area are also the conservation-biological studies that deal with the impact of allochthonous dwarf pine or of tourist activity on the unique subalpine tundra (Vondřejc 1997; Kašák & Kuras 2006, 2007). There have also been efforts to compile a complete beetle list of the most valuable areas in the Jeseníky PLA. Until now, the most complete unpublished beetle inventory of the Praděd NNR was compiled by Vávra (in litt.).

The past 170 years of beetle research in the summit area of the Hrubý Jeseník Mts. enables us to emphasize the quality and the significance of the territory for the group of interest. Until now the occurrence of over 750 species of beetles from the Praděd NNR and its close surroundings has been recorded and at least 60 of them are classified in the Red List (Vávra 2003; Farkač et al. 2005; Stanovský & Pulpán 2006; Kašák 2009). The main ridge of the Hrubý Jeseník massif is also the only known locality in the Czech Republic for several species. Those are for example rove beetle *Gabrius tyrolensis* relict weevil *Ranunculiphilus pseudinclemens*, leaf beetle *Smaragdina diversipes*, boreo-montaneous *Aphodius bilimeckii*, rare longhorn beetle *Cornumutilla quadrivittata* associated with endangered climax spruce forests or ground beetle *Paradromius ruficollis* which was found in our country only in the Velká Kotlina cirque. From what was mentioned above it is apparent that the Praděd massif and its vicinity are very important locations for beetle biodiversity in the Central-European context.

Diptera

Research of the order Diptera took a different course in contrast to the two above mentioned groups. Kolenati brought the first faunistic data in a series of four extensive works dedicated to entomofauna of the summit zone of the Hrubý Jeseník Mts. as early as in the 19th century (1859–1862). However, the first work strictly focused on Diptera is Loew's overview of Silesian *Chlorops* species (1861). This study remained unique for following four decades, until, at the beginning of the 20th century, Czižek published three works where he summarized reports on dipteran faunistic findings in Moravia (Czižek 1907, 1908, 1909a). In the latter work he primarily focused on dipteran fauna of the Praděd area, namely its cirques (Czižek 1909b).

Not even Czižek's research had any followers in the inter-war era. Due to the previously mentioned socioeconomic changes in the post-war period the dipterological research stagnated. It recovered at the beginning of the 1960s when local (Knoz 1963) or regional overviews of selected families (Chvála 1961, 1962) were compiled. In the next decades the dipterological research was developing mainly thanks to Moravian taxonomists Starý and Roháček, who very substantially contributed to the knowledge of dipteran fauna of Hrubý Jeseník.

Apart from the most famous names it is necessary to mention the works of Skuhravá (1964, 1981, 1982) aimed at the gall midge (Cecidomyiidae), Lauterer (1981–2009), who mainly studied the parasitic big-headed flies (Pipunculidae), Tuša, who wrote about the net-winged midges (Blepharicidae) and water snipe-flies (Athericidae), groups developing in flowing waters (1984–1994), and later also the studies of Ševčík (1999–2010) devoted mainly to the fungus gnats (Mycetophilidae).

Diptera belongs to lesser investigated groups from the viewpoint of their ecological demands and the conservation status of particular species. Yet we can mention many significant representatives, found in the area of interest. The alpine element is represented by

the species as *Norellisoma alpestre* (Scatophagidae), found in the Velká Kotlina cirque for the first time ever in Moravia, *Copromyza montana* (Sphaeroceridae), a species partly described on the base of the specimens from Velká Kotlina, or *Dactylolabis subdilatata* (Limoniidae), described from the same locality, later found on more localities in the broader area of the Jeseníky Mts. On the other hand, the arcto-alpine element is represented, for example, by two species of lesser dung flies, *Crumomyia pruinosa* and *C. setitibialis* (Sphaeroceridae), circumpolar species, rarely found in the Central European mountains.

Although a comprehensive study on dipteran fauna of the Praděd NNR is still lacking, there is a number of groups of the species-rich order Diptera, that have been in the centre of entomologists' interest in the last decades.

Other insect orders

In this section we summarize publications and unpublished reports aimed at all other insect orders, including the most species-rich order in the Czech Republic – Hymenoptera. The reason for this division is mainly the comparable amount of collected works in sections. This enabled clear presentation of research activity trends in the graph. The most numerous publications in the range of the artificial group “Other insect orders” are pieces dealing with the orders Hemiptera – 42 works, Hymenoptera – 23 works and Odonata – 12 works. Other taxa got significantly less attention.

The oldest study from the region by Koschatzky was published as early as in 1819. From the middle of the 19th century the authors mentioned below contributed to the knowledge of Praděd and fauna in its vicinity, namely Kolenati (1859–1862) and Wocke (1848–1850). A steady growing interest in entomofauna of the region is dated from the last two decades of the 19th century, and as to the publication numbers, it escalated between 1991 and 2010.

The most prolific author who substantially contributed to the knowledge of Hemiptera diversity of the region is Lauterer, publishing in the course of the past 50 years (1958–2010). Further significant authors are Dobšík, who focused mainly on true bugs (Heteroptera) between 1951 and 1983 and Stehlík (1952–1998). On the contrary, the confirmation of Stehlík's finding (1947) of the true bug *Pithanus hrabei*, a new species for the science then, but not confirmed until June 2010 is recent (Lacina 2010). An important species of Hemiptera is also the relict *Diplocolenus sudeticus*, endemic for the border area of Poland and the Czech Republic.

Dittrich contributed to the advance of the knowledge of Hymenoptera at the beginning of the 20th century with studies on Silesian bees (Apidae) and on Symphyta (1903a, 1903b, 1905). Kratochvíl (1949) compiled an overview of the Jeseníky ants (Formicoidea), Kula worked on the same group between 1980 and 1985. The most interested in the group is Bezděčka, who aside from his publications wrote a number of myrmecological inventory researches in the interest area (1982–2009). Recently, there has been published a record on the presence of the endangered Barbut's cuckoo-bee *Bombus barbutellus* (Přidal & Komzáková 2009), which is the first confirmed presence in Moravia. The work of Mazalová et al. (2009) and Mazalová & Kuras (2010) provide a complete list of bumblebees and cuckoo bumblebees of the Praděd NNR including notes on their food ecology.

Dragonfly fauna of the Praděd region was studied mainly by Schubert in the 1930s. Holuša (1995–2000) and Dolný (2005–2007) published a number of works later. Because of its character, the region of the Jeseníky ridge is not very rich in Odonata. For small ombrotrophic and transitional peatbogs on summits and in their saddles the presence of specialized species that can tolerate only small changes in environmental conditions is typical. Boreomontaneous alpine emerald (*Somatochlora alpestris*), mentioned from Praděd as early as by Kolenati (1859), is one of them. Holuša with Dolný then confirmed the presence of the

latter dragonfly and found additional species (e. g. *Aeshna juncea*) on the peatbog at the Malý Děd Mt., Velký Máj Mt. and in the saddle near the Barborka chalet.

BIBLIOGRAPHY OF LEPIDOPTERA

- Assmann A. (1851): Berichtigung und Ergänzung der schlesischer Lepidopteren-Fauna. – Zeitschr. Entomol. (Breslau), 5: 67-78.
- (1852): Erste Nachtrag zur Schlesischen Lepidopteren-Fauna. – Zeitschr. Entomol. (Breslau), 6: 89-94.
- Beneš J., Helová S. & Konvička M. (2000): Faunistic records from the Czech Republic – 92. Lepidoptera: Tortricidae. – Klapalekiana, 36: 6.
- Beneš J. & Konvička M. (eds.) (2002): Motýli České republiky: Rozšíření a ochrana I., II. 857 pp., Společnost pro ochranu motýlů, Praha.
- Beneš J., Kuras T. & Konvička M. (2000): Assemblages of mountainous day-active Lepidoptera in the Hrubý Jeseník Mts., Czech Republic. – Biologia (Bratislava), 55: 159-167.
- Borkowski A. (1966): *Erebia epiphron silesiana* M.-D. (Lepidoptera, Satyridae) aus dem Reisengebirge. – Pol. Pismo Entomol., 36: 85-96.
- Bryk F. (1914a): Neue Parnassier für den Junk'scke Katalog. – Int. Entomol. Z., 8: 35-36.
- (1914b): Ueber den böhmischen Schwarzweissapollon. – Lotos, 62: 153-155.
- (1935): Parnassiidae pars II. (Subfam. Parnassiinae). 790 pp., Walter de Gruyter & Co., Berlin und Leipzig.
- Cupedo F. (1996): Die morphologische Gliederung des *Erebia melampus*-Komplexes, nebst Beschreibung zweier neuer Unterarten: *Erebia melampus semisudetica* ssp. n. und *Erebia sudetica belladonnae* ssp. n. (Lepidoptera, Satyridae). – Nota lepid., 18: 95-125.
- Černá K. & Kuras T. (2006): Společenstva heliofilních motýlů alpské tundry Vysokých Sudet v kontextu teorie ostrovní biogeografie. In: Bryja J. & Zúkal J. (eds.): Zoologické dny, Brno 2006. Sborník abstraktů z konference 9.-10. února 2006, p. 76, AV ČR, Brno.
- Čížek O., Bekešová A., Kuras T., Beneš J. & Konvička M. (2003): Vacant niche in alpine habitat: the case of an introduced population of the butterfly *Erebia epiphron* into the Krkonoše Mountains. – Acta Oecol., 24: 15-23.
- Gregor F. & Povolný D. (1947): Příspěvky k poznání Lepidopter Jeseníků I. – Entomol. listy, 10:87-93.
- Hein S. (1928-1929): Beitrag zur Kenntnis der Macrolepidopteren-Fauna Mährens. – Zeitschr. Österr. Entomol. Ver., 13: 96-100, 107-108, 14: 10-12, 22-23, 34-36, 44-48, 66-68, 76, 82-84, 89-91, 125-126.
- Horák A. (1979): Píďalky Šumperska (Lepidoptera, Geometridae). – Čas. Slez. Muz. Opava, 28: 59-67.
- Janovský M. & Gottwald A. (1979): Pozoruhodné nálezy Lepidopter pro ČSSR 2. – Zprávy Čs. Spol. Entomol. ČSAV, 15: 97-103.
- Janovský M., Kavka K. & Sitek J. (1985): Píďalky (Geometridae, Lep.) v Severomoravském kraji (čtvrtý doplněk k článku v EZ č. 5/1981). – Entomol. Zpravod. (Ostrava-Poruba), 15 (2): 26-28.
- Janovský M., Kavka K., Sitek J. & Vacula D. (1985): Múrovití (Noctuidae, Lep.) v Severomoravském kraji (pátý doplněk k článku v EZ č. 5/1980). – Entomol. Zpravod. (Ostrava-Poruba), 15 (2): 28-31.
- Karisch T. (1995): Die Schmetterlinge der Fichtenwälder des Hochharzes (Insecta: Lepidoptera). – Faun. Abh. Mus. Tierkd. (Dresden), 20 (7): 89-132.
- Kaspar A. (1908): Beiträge zur Tagfalterfauna Nordmährens. – Mitt. Komm. Nat. Durchforsch. Mährens, Zool. Abt., 12: 1-15.
- Komárek O. (1949): Několik zajímavějších nálezů denních motýlů v okolí Králického Sněžníku. – Čas. Čs. Spol. Entomol., 46: 77.
- Konvička M., Beneš J. & Kuras T. (2002): Behaviour and microdistribution of two sympatric alpine butterflies (*Erebia epiphron* and *E. euryale*): relation to weather, vegetation and time of day. – Biologia (Bratislava), 57: 223-233.
- Kudla M. (1970): Macrolepidoptera Hrubého Jeseníku. – Práce Oboru Přírod. Věd VI. Úst. Olomouc, 19: 1-15.
- Kudrna O. (1994): Kommentierter Verbreitungsatlas der Tagfalter Tschechiens. – Oedippus, 8: 1-137.
- Kuras T. (2009): Motýli (Lepidoptera) Národní přírodní rezervace Praděd (CHKO Jeseníky): přehled stavu znalostí, implikace v ochraně území. In: Dýma M. (ed.): IX. Svatováclavské česko-polsko-německé setkání v Jeseníku 2009. Sborník referátů z Přírodovědného semináře na téma Živá příroda na Jeseníku – historie zoologických výzkumů, pp. 30-35, Vlastivědné muzeum Jeseníka, Jeseník.
- Kuras T. & Helová S. (2002): Relict occurrence of the leaf-roller *Sparganothis rubicundana* in Central Europe (Lepidoptera, Tortricidae). – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 51: 199-204.
- Kuras T. & Konvička M. (1999): Reliktní boreální obaleč *Sparganothis rubicundana* v Hrubém Jeseníku. – Živa, 47: 217-218.

- (2002): Recent record of the Clouded Apollo, *Parnassius mnemosyne* in Hrubý Jeseník Mts., Northern Moravia. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 51: 183-184.
- Kuras T., Beneš J. & Konvička M. (2000): Differing habitat affinities of four *Erebia* species (Lepidoptera: Nymphalidae: Satyrinae) in the Hrubý Jeseník Mts., Czech Republic. – Biologia (Bratislava), 55: 163-169.
- Kuras T., Beneš J., Čelechovský A., Vrabec V. & Konvička M. (2000): *Parnassius mnemosyne* (Lepidoptera: Papilionidae) in North Moravia: review of present and past distribution, proposal for conservation. – Klapalekiana, 36: 93-112.
- Kuras T., Beneš J., Fric Z. & Konvička M. (2003): Dispersal patterns of endemic alpine butterflies with contrasting population structures: *Erebia epiphron* and *E. sudetica*. – Popul. Ecol., 45: 115-123.
- Kuras T., Beneš J., Konvička M. & Honč L. (2001): Life histories of *Erebia sudetica sudetica* and *E. epiphron silesiana* with description of immature stages (Lepidoptera: Nymphalidae: Satyrinae). – Atalanta, 32: 129-138.
- Kuras T., Konvička M., Beneš J. & Čížek O. (2001): *Erebia sudetica* and *Erebia epiphron* (Lepidoptera: Nymphalidae: Satyrinae) in the Czech Republic: review of present and past distribution, conservation implications. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 50: 57-81.
- Kuras T., Sitek J., Liška J., Mazalová M. & Černá K. (2009): Motýli (Lepidoptera) národní přírodní rezervace Praděd (CHKO Jeseníky): implikace poznatku v ochraně území. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 58: 250-288.
- Liška J. (2000): Pokus o srovnání motýlí fauny subalpínských poloh Vysokých Sudet. – Opera Corcontica, 37: 286-290.
- Liška J., Laštůvka Z., Jaroš J., Marek J., Němý J., Petrů M., Elsner G., Skýva J. & Franz J. (2001): Faunistic records from the Czech Republic – 142. – Klapalekiana, 37: 275-278.
- Nagel A. (1903): Neuer Falter für Schlesien. – Zeitschr. Entomol. (Breslau), N.F. XVII.
- (1906a): *Agrotis conflua* vom Altvater. – Zeitschr. Entomol. (Breslau), N.F. XIX.
- (1906b): *Erebia euryale* vom Altvater. – Zeitschr. Entomol. (Breslau), N.F. VII.
- Neustädt A. (1855): Beitrag zu den im Monat Juli um Gräfenberg und am Altvater (in Oestr. – Schlesien) vorkommenden Falterarten. – Zeitschr. Entomol. (Breslau), pp. 29-36.
- Niepelt W. (1912-13): Schlesiens Parnassier. Geschrieben im Sinne Naturschutzes. – Int. Entomol. Z., 6: 259-261.
- Novák I. & Moucha J. (1955): K poznání motýlů (Lepidoptera) Slezska. – Přírod. Sbor. Ostrav. Kraje, 16: 170-181.
- Pax F. (1919): Über das Aussterben der Gattung *Parnassius* in der Sudeten. – Zool. Annalen, 7: 81-93.
- Petry A. (1919): *Erebia epiphron* Kn. vom Altvater und Brocken. – D. Entomol. Zeitschr. (Dresden), 33: 122-133.
- Povolný D. & Gregor F. (1946): Vřetenušky (Zygaenidae Fab.) v zemi Moravskoslezské. – Entomol. příručky Entomol. listů, 12: 1-100.
- (1950): Příspěvky k poznání Lepidopter Jeseníků II. - Přírod. Sbor. Ostrav. Kraje, 11: 170-183.
- Povolný D. & Moucha J. (1956): Studie o vysokohorských píďalkách rodu *Psodos* Treitschke 1828 se zřetelem k druhům v pohoří Československa a k otázkám vzniku druhů v horských oblastech. – Sbor. Entomol. Nár. Mus., 30 (1955): 143-179.
- Povolný D. & Šmelhaus J. (1951): *Colias palaeno* (L.) ssp. *europome* (Esp.) ve Slezsku. (Příspěvky k poznání lepidopter Jeseníků III.). – Přírod. Sbor. Ostrav. Kraje, 12: 402-410.
- Rinke V. (1915): *Melampus* v. *sudetica* Stgr. aus Waldenburg am Altvater u. *Apor. crataegi*. – Ver. schles. Ins. (Breslau), 1915: 12.
- Seider L. & Loebel F. (1954): Wissenswertes über die Gattung *Epichnopterix* Hb. (Lep. Psychidae). – Zeitschr. Wiener Entomol. Gesellsch., 39: 310-327.
- Schindler O. (1914): Meine Exkursion nach Oesterreich.-Schlesien (Altvatergebirge). – Entomol. Zeitschr., 28: 35-36, 38-40.
- Schmitt T., Čížek O. & Konvička M. (2005): Genetics of a butterfly relocation: large, small and introduced populations of the mountain endemic *Erebia epiphron silesiana*. – Biol. Conserv., 1: 11-18.
- Sitek J. (2000): Faunistic records from the Czech Republic – 120. – Klapalekiana, 36: 323-324.
- Skala H. (1912-1913): Die Lepidopterenfauna Mährens I, II. – Verh. Naturforsch. Ver. Brünn, 50: 63-241, 51: 115-377.
- (1923-1924): Beitrag zur Lepidopterenfauna Mährens und öst. Schlesiens. – Zeitschr. Österr. Entomol.-Ver., 8: 69-74, 82-87, 9: 42-44, 53, 73-75, 80-85, 93-95, 103-105, 114-116.
- (1929): Beitrag zur Großschmetterlinge Mährens und Schlesiens. – Entomol. Zeitschr., (Frankfurt a. M.), 42: 261-262, 317-320.
- [1931]: Zur Lepidopterenfauna Mährens und Schlesiens. – Acta Mus. Moraviensis, 30 (1931-1932) (Suppl.): 1-197.
- (1942): Falter aus Mähren und Schlesien. – Zeitschr. Österr. Entomol.-Ver., 27: 274-277, 289-294.

- Starý J. (1973): *Dasypolia templi* v Hrubém Jeseníku. – Zpr. Vlastiv. Úst. Olomouc, 159: 3-5.
- Stiova L. (1984): *Parnassius mnemosyne* (Linnaeus, 1758) na území Čech a Moravy (Lepidoptera, Papilionidae). – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 33: 73-85.
- (1988): Výskyt okáčů rodu *Erebia* (Lepidoptera: Satyridae) v Hrubém Jeseníku. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 37: 115-133.
- Vaněk J. (1981): Píďalky – Geometridae – v Severomoravském kraji. – Entomol. Zpravod. (Ostrava-Poruba), 11 (5): 82-95.
- Vaněk J. & Sitek J. (1983): Píďalky (Geometridae, Lep.) v Severomoravském kraji (první doplněk k článku v EZ č. 5/1981). – Entomol. Zpravod. (Ostrava-Poruba), 8: 11-13.
- Wocke M. F. (1859): II. Lepidoptera. – Jahres-Bericht. d. schles. Gesellschaft f. vaterl. Cultur., pp. 98-101.
- (1872): Verzeichniss der Falter Schlesiens. – Zeitschr. Entomol. (Breslau), 3: 1-86 + I-II.
- (1874a): Verzeichniss der Falter Schlesiens. II Microlepidoptera. – Zeitschr. Entomol. (Breslau) 4: 1 (unpaginated), 1-107 + 1 + I-IV.
- (1874b): Für Schlesien neue Lepidopteren. – Jahres-Bericht. d. schles. Gesellschaft f. vaterl. Cultur., pp. 164-166.
- (1898): Zutrage zur schlesische Lepidopterenfauna. – Zeitschr. Entomol. (Breslau), 23: 30-34.
- Wolf P. (1927): Die Großschmetterlinge Schlesiens. 66 pp., Schlesische Buchdruckerei Karl Vater, Breslau.
- (1935): Die Großschmetterlinge Schlesiens. Teil 3, Band I, Graph. Großbetr., Breslau: 161-228.
- (1944): Die Großschmetterlinge Schlesiens. Teil 3, Band II, Schles. Verlaganst. Karl Klossok, Breslau: 229-240; 241-256; 257-344.
- Záruba P. (1999): Lepidopterofauna NPR Praděd. – Ochrana Přírody., 54: 205.

Unpublished documents:

- Beneš J. et al. (in litt.): Inventarizační průzkum entomologický, Lepidoptera NPR Praděd. (Závěrečná zpráva). Správa CHKO Jeseníky, 1999, Jeseník.
- Čelechovský A. (in litt.): Inventarizační faunistický výzkum Lepidopter. (Dílčí zpráva). Správa CHKO Jeseníky, 2001, Jeseník.
- Felix V. (in litt.): Inventarizační faunistický výzkum Lepidopter. (Dílčí zpráva). Správa CHKO Jeseníky, 1973, 5 pp., Jeseník.
- Kuras T. (in litt.): Inventarizační průzkum motýlů (Lepidoptera) NPR Praděd, CHKO Jeseníky. (Závěrečná zpráva). Správa CHKO Jeseníky, 2003, 41 pp., Jeseník.
- Urřičář J. (in litt.): Inventarizační faunistický výzkum Lepidopter (Dílčí zpráva). Správa CHKO Jeseníky, 1994, Jeseník.

BIBLIOGRAPHY OF COLEOPTERA

- Bechyně J. (1947): Druhý příspěvek k poznání rodu *Chrysolina* Motsch. Notulae ad cognitionem genesis *Chrysolina* Motsch. II. (*Col. Phytophaga, Chrysolimidae*). – Entomol. listy, 10: 58-64.
- Boháč J. (1979): Nové a zajímavé nálezy drabčikovitých z Československa. – Zprávy Čs. Spol. Entomol., 15: 121-132.
- (1988): Nové a zajímavé nálezy drabčků podčeledi Aleocharinae (Coleoptera, Staphylinidae) v Československu. – Zprávy Čs. Spol. Entomol., 24: 43-54.
- Colonnelli E. & Knutelski S. (2005): Redescription and new records of *Ranunculiphilus pseudinclemens* (Dieckmann, 1969), with a key to the species of the genus (Coleoptera: Curculionidae: Ceutorhynchinae). – Genus (Wroclaw), 16(4): 619-627.
- Čížek P. (1987): Příspěvek k poznání brouků čeledi Chrysolimidae (Coleoptera) v Československu. – Zprávy Čs. Spol. Entomol., 23: 59-63.
- Čížek P., Fornůsek R. & Jeniš I. (1991): Příspěvek k poznání brouků čeledi Derodontidae a Melyridae Československa (Coleoptera). – Zprávy Čs. Spol. Entomol., 27: 70-71.
- Čížek P., Hejkal J. & Stanovský J. (1995): Příspěvek k poznání brouků čeledi Chrysolimidae (Coleoptera) Čech, Moravy a Slovenska. – Klapalekiana, 31: 1-10.
- Fassati M. (1946): K otázce výskytu některých horských Bembidií v Čechách. – Čas. Čs. Spol. Entomol., 43: 65-69.
- Fleischer A. (1927-1930): Přehled brouků fauny Československé republiky. 485 pp., Mor. Mus. Zemské, Brno
- Gerhardt J. (1891): Fortsetzung und Schluss des K. Letznernschen Verzeichnisses der Käfer Schlesiens. – Zeitschr. Entomol. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 16: 349-433.
- (1897): Neuheiten der schlesischen Käferfauna von 1896. – Zeitschr. Entomol. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 22: 11-13.
- (1899): Neue Fundorte seltenerer schlesischer Käfer aus dem Jahre 1898 und Bemerkungen. – Zeitschr. Entomol. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 24: 4-14.

- (1900): Neue Fundorte seltenerer schlesischer Käfer aus dem Jahre 1899 und Bemerkungen. – Zeitschr. Entomol. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 25: 1-9. – (1901): Eine neue Käferart. – D. Entomol. Zeitschr., 45: 156.
- (1904): Neuheiten der schlesischen Koleopterenfauna aus dem Jahre 1903. – Zeitschr. Entomol. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 29: 77-78.
- (1906): Eine neue Homalotide *Atheta silesiaca* n. sp. – Zeitschr. Entomol. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 31: 10-12.
- (1910): Verzeichnis der Käfer Schlesiens. 431 pp., Verlag von Julius Springer, Berlin.
- (1912): Neue Fundorte seltener schlesischer Coleopteren. – Jh. D. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 5: 7-8.
- Heyrovský L. (1930): Seznam brouků republiky Československé. 1. Cerambycidae. 61 pp., Entomologické příručky 15., Čs. Spol. Entomol., Praha.
- (1936): Třetí příspěvek k poznání skupiny Lepturini. – Čas. Čs. Spol. Entomol., 33: 52-57.
- (1955): Fauna ČSR. Cerambycidae. 346 pp., NČSAV, Praha.
- Horák J., Mertlík J., Chobot K. & Kubáň V. (2009): Distribution of rare saproxylic beetle *Cucujus haematodes* (Coleoptera: Cucujidae) in the Czech Republic with notes to the occurrence in central Europe. – Klapalekiana, 45: 191-197.
- Horion A. (1935): Nachtrag zu Fauna Germanica. Die Käfer des Deutschen Reiches. 358 pp., Edmund Reitter, Krefeld.
- (1941): Faunistik der deutschen Käfer. Bd. I: Adepaga-Caraboidea. 463 pp., Edmund Reitter, Krefeld.
- Hudeček L. (1930): Brouci – Coleoptera. – Vlastivěda střední a severní Moravy (Vlastivěda župy Olomoucké) I.: 360-376.
- Janák J. (1993): Zajímavé nálezy drabčků na Moravě a Slovensku (Coleoptera: Staphylinidae). – Klapalekiana, 29: 1-17.
- Jelínek J. & Pfeffer A. (1984): Faunistic Records from Czechoslovakia. Coleoptera: Helodidae. – Acta Entomol. Bohemoslov., 81: 305.
- Juřena D., Bezděk A & Týr V. (2000): Zajímavé nálezy listorohých brouků (Coleoptera: Scarabaeoidea) na území Čech, Moravy a Slovenska. – Klapalekiana, 36: 233-257.
- Kašák J. & Kuras T. (2006): Vliv sjezdových tratí na faunu bezobratlých v NPR Praděd (CHKO Jeseníky) na příkladu epigeických brouků. In: Bryja J. & Zůkal J. (eds.): Zoologické dny, Brno 2006. Sborník abstraktů z konference 9.-10. února 2006, pp. 95-96, AV ČR, Brno.
- (2007): Vliv alochtonní borovice kleče (*Pinus mugo*) na faunu bezobratlých v NPR Praděd (CHKO Jeseníky): na příkladu epigeických brouků. In: Bryja J., Zůkal J. & Řehák J. (eds.): Zoologické dny, Brno 2007. Sborník abstraktů z konference 8.- 9. února 2007, p. 71, AV ČR, Brno.
- Kočárek P. (1996): Příspěvek k rozšíření *Silpha tyrolensis* Laicharting, 1781 (Coleoptera, Silphidae) v Jeseníkách (Česká republika). – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 45: 51-54.
- Kolbe W. (1907): Beiträge zur schlesischen Käferfauna. – Zeitschr. Entomol. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 32:14-25.
- (1909): Beiträge zur schlesischen Käferfauna. – Jh. D. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 2: 18-24.
- (1918): Beiträge zur schlesischen Käferfauna. – Entomol. Mitt., 7: 200-212.
- (1921): Beiträge zur schlesischen Käferfauna. – Entomol. Mitt., 10: 75-82.
- (1931): Beiträge zur schlesischen Käferfauna. – Zeitschr. Entomol., 17(2): 8-17.
- Král D. & Vitner J. (1993): Faunistické síťové mapování listorohých brouků (Coleoptera: Scarabaeoidea) Československa – výběr výsledků, získaných v letech 1989-1990. – Klapalekiana, 29: 25-36.
- Kudla M. (1949): K výskytu vzácného tesaříka *Cornumutilla quadrivittata* Gebl. (*Letzneria lineata* Letz.) ve Vys. Jeseníku. – Čas. Vlast. Spol. Mus. Olomouc, 58: 1-2.
- Kult K. (1947): Klíč k určování brouků čeledi Carabidae Československé republiky. Entomologické příručky 20. Čs. Společ. Entomol., Praha, 198 pp.
- Labler K. & Roubal J. (1933): Seznam brouků republiky Československé. 3. Histeridae. Mrštínici. Entomologické příručky 17. Čs. Společ. Entomol., Praha, 59 pp.
- Laibner S. (1975): Rozšíření druhů rodu *Lacon* Laporte 1836 (Col., Elateridae) v Československu a stavba jejich samčích kopulačních orgánů. – Práce a studie-Přír., Pardubice, 6-7: 153-167.
- (1976): The key and the distribution of the genus *Sericus* Eschscholtz 1829 in Europe and USSR (Coleoptera, Elateridae). – Acta Mus. Silesiae (A), 25: 19-26.
- (1979): Horizontální a vertikální rozšíření *Ctenicera heyeri* (Saxen, 1838) v Československu (Col., Elateridae). – Entomol. Probl. (Bratislava), 15: 33-39.
- Letzner K. (1841): Seltene Käfer aus Altwatergebirge oder Gesenke. – Übers. Arb. Ver. Schles. Ges. Vaterl. Kult., 1840: 81.
- (1842): Über *Pterostichus cordatus* n. p. und kleinere Mitteilungen. – Übers. Arb. Ver. Schles. Ges. Vaterl. Kult., 1841: 100-101.

- (1847-1852): Systematische Beschreibung der Laufkäfer Schlesiens. – Zeitschr. Entomol., 1-3(1847-1849): 1-72, 4(1850): 73-112, 5(1851): 113-186, 6(1852): 187-292.
- (1853): Käfer-Funde in Schlesien. – Übers. Arb. Ver. Schles. Ges. Vaterl. Kult., 1853: 176-177.
- (1855): Käfer aus dem Altvatergebirge. – Übers. Arb. Ver. Schles. Ges. Vaterl. Kult., 33(1855): 111.
- (1871): Verzeichniss der Käfer Schlesiens. – Zeitschr. Entomol. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 2: 328 pp.
- (1873): Nachträge zum Verzeichnisse der Käfer Schlesiens. – Übers. Arb. Ver. Schles. Ges. Vaterl. Kult., 50 (1872): 187-192.
- (1876): Nachträge zu seinem Verzeichnisse der Käfer Schlesiens. – Zeitschr. Entomol. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 5: 20-33.
- (1885-1889): Verzeichniss der Käfer Schlesiens. – Zeitschr. Entomol. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 10(1885): 1-68, 11(1886): 69-148, 12(1887): 149-180, 13(1888a): 181-236, 14(1889): 237-284.
- (1888b): Zugänge zur schlesischen Coleopteren-Fauna im Jahre 1887. – Übers. Arb. Ver. Schles. Ges. Vaterl. Kult., 65(1887): 344-345.
- Lokay E. (1900): Eine neue *Leptusa* (Col.) vom Altvater-Gebirge. – Wiener Entomol. Z. 19: 77.
- Likovský Z. (1993): Staphylinidae: Aleocharinae. In: Jelínek J. (ed.): Check-list of Czechoslovak Insects 4 (Coleoptera), pp. 52-62, – Folia Heyrovskyana, Suppl. 1: 3-172.
- Malec B. (1976): Tesaříkovití v Chráněné krajinné oblasti Jeseníky (Cerambycidae, Coleoptera). – Zprávy Čs. Spol. Entomol., 12: 93-97.
- Matějčík J. & Boháč J. (2001): Faunistic Records from the Czech Republic – 141. Coleoptera: Staphylinidae. – Klapalekiana, 36: 271-273.
- Míka P. (1996): Faunistic Records from the Czech Republic – 55. Coleoptera: Lathridiidae. – Klapalekiana, 32: 275-277.
- Moravec P. (1986): Příspěvek k faunistice střevlíkovitých Československa (Coleoptera, Carabidae). – Zprávy Čs. Spol. Entomol., 22: 21-26.
- Nohel P. (1971): Příspěvek k faunistice drabčičů československého Slezska (Coleoptera, Staphylinidae). 3. příspěvek k poznání Coleopter Slezska. – Acta Rer. Natur. Mus. Nat. Slov., 17 (2): 53-75.
- Pfeffer A. (1955): Fauna ČSR. Sv. 6. Kůrovci – Scolytoidea (Brouci – Coleoptera). 324 pp., NČSAV, Praha.
- (1980): Faunistic records from Czechoslovakia. Coleoptera. Staphylinidae. – Acta Entomol. Bohemoslov., 77(5): 347.
- (1981): Faunistic records from Czechoslovakia. Coleoptera. – Acta Entomol. Bohemoslov., 78(1): 32.
- Plašil P. & Cudlín P. (2006): Management des Borkenkaefers *Ips typographus* L. im Nationalen Naturschutzgebiet Praded in der Tschechischen Republik. – Mitt. D. Gesell. Allgem. Angew. Entomol., 15: 167-172.
- Reitter E. (1870): Übersicht der Käfer-Fauna von Mähren und Schlesien. – Verhandl. Naturforsch. Ver. Brünn, 8 (2) (1869): i-vii + 1-195.
- (1897): *Aphodius Deubeli* n. sp. aus Siebenbürgen. – D. Entomol. Zeitschr., 41: 76.
- Reška M. (1967): Příspěvek k poznání československých druhů rodu *Dromius* Bonelli (Coleoptera, Carabidae). – Acta Rer. Natur. Mus. Nat. Slov., 13 (2): 75-100.
- Roger J. (1856): Verzeichniß der bisher im Oberschlesien aufgefundenen Käferarten. – Zeitschr. Entomol. (Breslau), 10: 1-132.
- Roubal J. (1941): Monografie evropských a kavkazských druhů rodu *Denticollis* Pill. et Mitterp. (Col., Elateridae). – Sbor. Entomol. Odděl. Zem. Mus. Praha, 19: 26-59.
- Skoupý V. (2004): Střevlíkovití brouci (Coleoptera: Carabidae) České a Slovenské republiky ve sbírce Jana Pulpána. 213 pp., Public history, Praha.
- Sláma M. E. F. (1998): Tesaříkovití – Cerambycidae České republiky a Slovenské republiky (Brouci – Coleoptera). 383 pp., Milan Sláma, Krhanice.
- Smetana A. (1958): Fauna ČSR, svazek 12. Drabčičovití – Staphylinidae. I. Staphylininae. (řád: Brouci – Coleoptera). 435 pp., NČSAV, Praha.
- Stanovský J. & Pulpán J. (2006): Střevlíkovití brouci Slezska a severovýchodní Moravy. 159 pp., Muzeum Beskyd, Frýdek-Místek.
- Strejček J. (1988): Zajímavé nálezy brouků ze skupin čeledí Heteromera a Clavicornia v ČSSR. – Zprávy Čs. Spol. Entomol., 29: 65-66.
- (1993): Faunistické, bionomické a taxonomické poznámky k mandelinkovitým (Chrysomelidae s. lat.) a nosatcovitým (Curculionidae s. lat.) České a Slovenské republiky (Coleoptera). – Klapalekiana, 36: 131-135.
- (2000): Faunistic Records from the Czech Republic – 111. Coleoptera: Chrysomelidae, Curculionidae. – Klapalekiana, 36: 185-187.
- Šťourač P. (1998): Faunistic Records from the Czech Republic – 77. Coleoptera: Staphylinidae. – Klapalekiana, 34: 135.
- Šustek Z. (1981): Mrchožroutovití Československa (Coleoptera, Silphidae). Klíče k určování hmyzu. – Zprávy Čs. Spol. Entomol., 2: 1-46.

- Tesař Z. (1955): Přehled československých druhů podčeledi Aphodiinae. – Čas. Slez. Mus. Opava (A), 3: 33-40.
- (1957): Fauna ČSR sv. 11, Brouci Listorozi Lamellicornia díl II: Scarabeidae – Vrubounovití, Laparosticti. 343pp., NČSAV, Praha.
- Týr V. (1997): Příspěvek k faunistice brouků nadčeledi Scarabaeoidea (Coleoptera) Čech, Moravy a Slovenska. – Klapalekiana, 33: 239-247.
- Vávra J. (2002): Faunistic Records from the Czech Republic – 149. Coleoptera: Carabidae; Staphylinidae: Oxytelinae, Staphylininae, Aleocharinae; Nitidulidae; Salpingidae; Anthribidae. – Klapalekiana, 38: 119-122.
- Vavroušek J. (1980): Střevlíkovití v chráněné krajinné oblasti Jeseníky (Coleoptera, Carabidae). – Entomol. Zprav., Ostrava, 10(2): 35-40.
- (1983): Střevlíkovití a kovaříkovití v Chráněné krajinné oblasti Jeseníky (Coleoptera – Carabidae, Elateridae). – Zpr. Čs. Společ. Entomol. ČSAV, 19(3): 95-104.
- Veselý P., Resl K. & Těřál I. (2002): Zajímavé nálezy střevlíkovitých brouků (Coleoptera: Carabidae) z České republiky v letech 1997-2001 a doplněk údajů o sběrech z předchozího období. – Klapalekiana, 38: 85-109.
- Volák J. (1947): Pokus o zoogeografické zpracování Carabid Jeseníků. – Entomol. listy, 10: 65-74.
- Vysoký V. (1995a): Poznámky k výskytu některých brouků na Pradědu (Coleoptera: Staphylinidae, Silphidae). – Fauna Bohem. Septentrion. (Ústí nad Labem), 20: 183-185.
- (1995b): Střevlíci Pradědu (Coleoptera: Carabidae). – Fauna Bohem. Septentrion. (Ústí nad Labem), 20: 171-178.
- Wanka T. von Lenzenheim (1927): IV. Beitrag zur Coleopterenfauna von Schlesien. – Wiener Entomol. Z., 44: 1-32.
- Weise J. (1894): Bemerkungen über einige in den Karpathen gesammelte oder verwandte Arten. – D. Entomol. Zeitschr. 38: 248-250.
- (1903): Über die mit lichenis Richter verwandten Chrysomelen. – D. Entomol. Zeitschr. 47: 161-163.

Unpublished documents:

- Vávra J. (in litt.): Brouci (Coleoptera) NPR Praděd. [Přehled dosavadních poznatků o fauně brouků (Coleoptera) NPR Praděd a nejbližšího okolí]. Správa CHKO Jeseníky, 2003, 31 pp., Jeseník-Bukovice.
- Vondřejc J. (in litt.): Výsledky determinace sběrů modelových skupin brouků (Coleoptera: Carabidae, Silphidae, Lathriidae, Scarabaeidae, Elateridae, Curculionidae, Chrysomelidae, Hydrophilidae, Coccinellidae a Staphylinidae) z monitorovací plochy Velká Kotlina (1995) + doplnění 1996. (Zpráva o hodnocení epigeionu na dvou lokalitách v Jeseníku - NPR Velká Kotlina a NPR Revíz). Správa CHKO Jeseníky, 1997, 10 pp., Jeseník-Bukovice.

BIBLIOGRAPHY OF DIPTERA

- Bureš S. & Pecina P. (1993): Nález muchnice *Bibio benesi* (Diptera, Nematocera, Bibionidae) v potravě lindušky horské (*Anthus spinoletta*) z Pradědu. – Severní Morava, 66: 49-50.
- Czižek K. (1907): Neue Beiträge zur Dipterenfauna Mährens. – Zeitschr. mähr. Landesmus., 7: 157-177.
- (1908): Beiträge zu einer Dipterenfauna Mährens. – Zeitschr. mähr. Landesmus., 6: 182-234.
- (1909a): Beiträge zu einer Dipterenfauna Mährens (II. Nachtrag). – Zeitschr. mähr. Landesmus., 10: 87-112.
- (1909b): Die Zweiflügel des Altvaters des Taltales. I. Platypezidae, Pipunculidae, Syrphidae at Conopidae. – Zeitschr. mähr. Landesmus., 10: 151-175.
- Čepelák J. (1955): Příspěvek k poznání slezských kuklic. – Přírod. Sbor. Ostrav. Kraje, Opava, 16: 222-223.
- (1980): K rozšíření a biologii vyšších dvoukřídých severní Moravy a Slezska (Diptera, Brachycera) I. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 29: 249-268.
- (1982a): K rozšíření a biologii dvoukřídých severní Moravy a Slezska (Diptera, Brachycera) II. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 31: 79-93.
- (1982b): K rozšíření a biologii dvoukřídých severní Moravy a Slezska (Diptera, Brachycera) III. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 31: 265-276.
- Čepelák J. et Čepelák S. (1978): *Cynomya gregorpopolnyi* sp. n. - neue Art der Familie Calliphoridae (Diptera) aus der Tschechoslowakei. – Annot. Zool. Bot., 125: 1-4.
- Dirlbek K. & Roháček J. (1983): Acalyptrate Diptera of peat-bogs in North Moravia (Czechoslovakia). Part 4. Tephritidae, Lonchaeidae, Pallopteridae, Piophilidae. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 31: 1-21.
- Holinka J., Bičík V. & Kutáč J. (1994): Vertical distribution of hoverflies (Syrphidae, Diptera) in northern Moravia. In: Jedlička L. (ed.): Dipterologica Bohemoslovaca. Vol. 6, pp. 45-61, Slov. Entomol. Soc., Bratislava.

- Chvála M. (1961): Příspěvek k poznání očnatkovitých (Diptera, Conopidae) Slezska I. část: revize moravských sběrů K. Czižka a K. Landrocka. – Přír. Čas. Slez., 22: 121-126.
- (1962): Příspěvek k poznání očnatkovitých (Diptera, Conopidae) Slezska II. – Přír. Čas. Slez., 23: 117-122.
- Ježek J. (1997): Rare and new Palaearctic *Tonnoiriella* - species (Diptera, Psychodidae). – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 168 (1-4): 7-18.
- (2006): Psychodidae (Diptera) of the Jeseníky Protected Landscape Area and its environs with descriptions of two new *Berdeniella* species from the Czech Republic. – Acta Entomol. Mus. Nat. Pragae, 46: 151-192.
- Knoz J. (1963): Muchničky (Diptera: Simuliidae) ve Vysokém Jeseníku a v okolí Mírova (Blackflies of the Vysoký Jeseník Mts. and the environs of Mírov). – Acta Faun. Entomol. Mus. Nat. Pragae, 9: 179-229.
- Laštovka P. & Ševčík J. (2006): A review of the Czech and Slovak species of *Docosia* Winnertz (Diptera: Mycetophilidae), with atlas of the male and female terminalia. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 55: 1-37.
- Lauterer P. (1981): Contribution to the knowledge of the family Pipunculidae of Czechoslovakia (Diptera). – Čas. Mor. Muz. (Sci. Nat.), 66: 123-150.
- (1997): Pipunculidae. In: Vaňhara J., Rozkošný R. (ed.): Faunistic records from the Czech and Slovak Republics: Diptera. – Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Masaryk. Brun., Biol., 95: 222-224.
- (1998): More details on the rare *Eudorylas furvulus* Collin and *Microcephalops opacus* (Fallén) comb. n. (Diptera: Pipunculidae). – Acta mus. Mor. (Sci. Biol.), 82: 163-171.
- (2009): First record of *Tomosvaryella rossica* (Diptera: Pipunculidae) from the Czech Republic. – Folia Faun. Slov., 14: 99-100.
- Loew H. (1861): Ueber die bisher in Schlesien aufgefundenen Arten der Gattung Chlorops Macq. – Verh. Zool. Bot. Ges. Wien, 15: 1-96.
- Máca J. & Roháček J. (1994): The genus *Diastata* Meigen (Diptera, Diastatidae) of the Czech and Slovak Republics. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 43: 97-111.
- Martinovský J. & Starý J. (1969): The discovery of brachypterous female of *Limnophila platyptera* (Macquart), with notes on the classification of this species (Diptera, Tipulidae). – Acta Entomol. Bohemoslov., 66: 381-386.
- Merz B. & Roháček J. (2005): New records of *Homalocephala biunbrata* (Wahlberg, 1839) (Diptera, Ulidiidae, Ulidiinae) from Western and Central Europe. – Stud. Dipterol., 12(1): 8-9.
- Roháček J. (1980): Faunistic records from Czechoslovakia. Diptera, Asteiidae. – Acta Entomol. Bohemoslov., 77: 347.
- (1982a): Acalypterate Diptera of peat-bogs in North Moravia (Czechoslovakia). Part 1. Introduction, localities under study and an evaluation at the family level. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 31: 1-21.
- (1982b): Revision of the subgenus *Leptocera* (s.str.) of Europe (Diptera, Sphaeroceridae). – Entomol. Abhand. Staat. Mus. Tierk. Dresden, 46(1): 1-44.
- (1983a): Faunistics of the Czechoslovakian species of Anthomyzidae and Stenomicridae (Diptera). – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 32: 125-135.
- (1983b): A monograph and re-classification of the previous genus *Limosina* Macquart (Diptera, Sphaeroceridae) of Europe. Part II. – Beitr. Entomol., 33: 3-195.
- (1984): Acalypterate Diptera of peat-bogs in North Moravia (Czechoslovakia). Part 6. Sphaeroceridae. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 33: 97-131.
- (1985): Acalypterate Diptera of peat-bogs in North Moravia (Czechoslovakia). Part 7. Heleomyzidae. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 34: 97-108.
- (1986): A revision of *Anthomyza macra* Czerny and *A. pleuralis* Czerny (Diptera, Anthomyzidae). – Ann. Naturhist. Mus. Wien (B), 88/89: 593-606.
- (1989): Sphaeroceridae (Diptera) of Czechoslovakia. Part 1. *Lotophila* Lioy and *Copromyza* Fallén. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 38: 1-16.
- (1991a): Sphaeroceridae (Diptera) of Czechoslovakia. Part 2. *Crumomyia* Macquart. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 40: 1-27.
- (1991b): A monograph of *Leptocera (Rachispoda)* Lioy of the West Palaearctic area (Diptera, Sphaeroceridae). – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 40: 97-288.
- (1992): Sphaeroceridae (Diptera) of Czechoslovakia. Part 3. *Alloborborus* Duda and *Copromyza montana* sp. n. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 41: 193-203.
- (1995): Clusiidae (Diptera) of the Czech and Slovak Republics: faunistics and notes on biology and behaviour. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 44: 123-140.
- (1996a): Sphaeroceridae (Diptera) of the Czech Republic: corrections and additions to the faunal list, with taxonomical notes. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 44(1995): 219-240.
- (1996b): Fourth supplement to the acalypterate Diptera fauna of the Czech Republic and Slovakia. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 45: 17-28.
- (1996c): New records of Chloropidae (Diptera) from the Czech Republic and Slovakia. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 45: 97-116.

- (1999): A revision and re-classification of the genus *Paranthomyza* Czerny, with description of a new genus of Anthomyzidae (Diptera). – Stud. Dipterol. 6(2): 239-270.
- (2006a): A monograph of Palaearctic Anthomyzidae (Diptera) Part 1. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 55, suppl. 1: 1-328.
- (2006b): Sphaeroceridae. Faunistic records from the Czech and Slovak Republics. In Kinkorová J. (ed.): Dipterologica bohemoslovaca Vol. 13. – Acta Univ. Carol., Biol., 50: 155-156.
- (2007): Faunistic records from Czech Republic and Slovakia. Sphaeroceridae. In Stloukalová V. (ed.): Dipterologica bohemoslovaca Vol. 14. – Acta Zool. Univ. Comen., 47(2): 257-258.
- (2009): A monograph of Palaearctic Anthomyzidae (Diptera) Part 2. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 58, suppl. 1: 1-180.
- (2010): West Palaearctic *Minilimosina* (*Svarciella*): a new species, new records, key and taxonomical notes (Diptera: Sphaeroceridae). – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 58 (2009): 97-114.
- Roháček J. & Barták M. (1990): Micropezidae (Diptera) of Czechoslovakia. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 39: 97-111.
- (2006): Scathophagidae. Faunistic records from the Czech and Slovak Republics. In Kinkorová J. (ed.): Dipterologica bohemoslovaca Vol. 13. – Acta Univ. Carol., Biol., 50: 157.
- Roháček J. & Máca J. (1982): Acalypterate Diptera of peat-bogs in North Moravia (Czechoslovakia). Part 2. Ecological classification, Opomyzidae, Anthomyzidae, Asteiidae, Diastatidae, Drosophilidae. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 31: 193-213.
- Roháček J. & Zuska J. (1983): Acalypterate Diptera of peat-bogs in North Moravia (Czechoslovakia). Part 3. Micropezidae, Psilidae, Sciomyzidae, Sepsidae. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 32: 1-22.
- Skuhrová M. (1964): Gallmücken der Gebirge Hrubý Jeseník, Rychlebské hory und Oderské vrchy II. (Itonididae, Diptera). – Acta Mus. Siles., ser. A, 13: 165-184.
- (1981): Bejломorky severovýchodní a jihovýchodní Moravy (Cecidomyidae, Diptera). – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 30: 17-44.
- (1982): Montane und alpine Gallmücken (Cecidomyidae, Diptera) der Tschechoslowakei. In: 8. Intern. Symp. Über Entomofaunistik in Mitteleuropa, Hradec Králové. – Acta Mus. Reginaehrad. (A), Suppl., 1980: 109-110.
- Staněk M. (1973): Ein weiterer Beitrag zur Kenntnis der Unterfamilie Sarcophaginae (Diptera) des Böhmischemährischen Hochlandes. – Acta Soc. Sci. nat. Mus. Moraviae occid., 9: 79-82.
- Starý J. (1968): Beitrag zur Kenntnis der Unterfamilie Limoniinae des Jeseníky-Gebirges (Tipulidae, Diptera). – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 17: 129-141.
- (1969a): Zwei neue Limoniinen aus der Tschechoslowakei (Diptera, Tipulidae). – Čas. Mor. Muz. (Sci. Nat.), 54: 123-130.
- (1969b): Revision der Arten der Unterfamilie Limoniinae (Tipulidae, Diptera) aus den Sammlungen des Mährischen Museums in Brno mit besonderer Berücksichtigung der Fauna Mährens. Teil I: Tribus Limoniini und Peditiini. – Čas. Mor. Muz. (Sci. Nat.), 54: 131-160.
- (1970): Stand der faunistischen Forschung der Unterfamilie Limoniinae in der Tschechoslowakei (Tipulidae, Diptera). – Informationsber. Landwirtsch. Hochschule Nitra – Biologische Grundlagen der Landwirtschaft, 8: 29-53.
- (1971a): Einige für Mähren neue oder wenig bekannte Limoniinen (Diptera, Tipulidae). – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 20: 69-84.
- (1971b): Revision der Arten der Unterfamilie Limoniinae (Tipulidae, Diptera) aus den Sammlungen des Mährischen Museums in Brno mit besonderer Berücksichtigung der Fauna Mährens. Teil II: Tribus Hexatomini und Eriopterini. – Čas. Mor. Muz. (Sci. Nat.), 55(1970): 133-194.
- (1972): European species of the genus *Dicranoptycha* Osten-Sacken (Diptera, Tipulidae). – Acta Entomol. Bohemoslov., 69: 401-416.
- (1973): Boreoalpinní a alpský prvek ve fauně podčeledi Limoniinae (Tipulidae, Diptera) Jeseníků. – Zprávy Vlastivěd. ústavu v Olomouci, 163: 21-32.
- (1974a): Českoslovenští zástupci podrodu *Erioptera* s. str. (Diptera, Tipulidae). – Přírod. Čas. Jihočes., České Budějovice, 13(1973): 147-160.
- (1974b): Nachträge und Berichtigungen zur Limoniinen-Fauna der Tschechoslowakei (Tipulidae, Diptera). – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 23: 123-143.
- (1974c): Neue europäische Arten aus der Unterfamilie Limoniinae (Diptera, Tipulidae). – Annot. Zool. Bot. Bratislava, 99: 1-9.
- (1979): Faunistické poznámky o druzích čeledi Limoniidae (Diptera) z Československa. – Zprávy Vlastivěd. ústavu v Olomouci, 199: 1-16.
- (1984): Doplnky k faunistice čeledi Cyndrotomidae (Diptera) v Československu. – Zprávy Kraj. vlastivěd. muz. v Olomouci, 231: 10-14.

- (1986): Nachträge und Berichtigungen zur Limoniiden-Fauna der Tschechoslowakei (*Diptera*). – III. Zbor. Slov. Nár. Múz., Prír. Vedy, 32: 91-111.
- (1987): Revision of European species of the genus *Cheilotrichia*, subgenus *Empeda* (*Diptera*, Limoniidae). – Acta Entomol. Mus. Nat. Pragae, 42: 249-276.
- (1993): Nachträge und Berichtigungen zur Limoniiden-Fauna der Tschechoslowakei (*Diptera*), IV. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 42: 123-135.
- (1994): Revision of European species related to *Tricyphona livida* (*Diptera*: Pediciidae). – Eur. J. Entomol., 91: 437-450.
- (1997): *Trichocera* (s. str.) *rufulenta* Edwards, 1938, a valid species (*Diptera*, Trichoceridae). – Stud. Dipterol., 3(1996): 357-364.
- (1998a): Two new species of *Dicranota* (*Paradicranota*), related to *D. (P.) landrocki* Czižek, 1931 (*Diptera*, Pediciidae). – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 47: 25-29.
- (1998b): New species of *Trichocera* Meigen, 1803, with a re-assessment of the subgenera *Trichocera* (s. str.) and *Metatrachocera* Dahl, 1966 (*Diptera*, Trichoceridae). – Stud. Dipterol., 5: 175-186.
- (1999): New species of the *Trichocera* (*Metatrachocera*) saltator species group (*Diptera*: Trichoceridae). – Entomol. Probl., 30: 1-10.
- (2000): Further new species of the *Trichocera* (*Metatrachocera*) saltator species group (*Diptera*, Trichoceridae). – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 49: 97-104.
- (2004a): Revision of European species of the genus *Rhabdomastix* (*Diptera*: Limoniidae). Part 2: Subgenus *Rabdomastix* (s. str.) – Eur. J. Entomol., 101: 657-687.
- (2004b): *Dicranota* (*Paradicranota*) *cinerascens* Lackschewitz, 1940, a valid species (*Diptera*: Pediciidae). – Aquatic Insects, 26: 273-279.
- (2004c): Faunistic records from the Czech and Slovak Republics: Trichoceridae, Limoniidae, Pediciidae. In Bitušik P. (ed.): Dipterologica bohemoslovaca Vol. 12. – Acta Facult. Ecol., 12, suppl. 1: 155-156.
- (2006): Nomenclatural changes in West Palaearctic Limoniidae and Pediciidae (*Diptera*). – Acta Univ. Carol., Biol., 49 (2005): 175-186.
- (2009a): The identity of *Dicranomyia* (*Dicranomyia*) *luteipennis* Goetghebuer (*Diptera*, Limoniidae). – Zootaxa, 2155: 55-68.
- (2009b): The *Trichocera* (*Trichocera*) *rectistylus* species group: females and a new species (*Diptera*, Trichoceridae). – Zoosymposia, 3: 263-271.
- Starý J. & Martinovský J. (1996): Little-known and new *Trichocera* (s. str.), related to *T. implicata* and revised checklist of the Czech and Slovak Trichoceridae (*Diptera*). – Entomol. Probl., 27: 151-166.
- Starý J. & Reusch H. (2009): European species of the subgenus *Brachylimnophila* (*Diptera*: Limoniidae). – Entomol. Fenn., 19: 207-217.
- Ševčík J. (1999): Fifty species of fungus gnats (*Diptera*: Mycetophilidae) new for the Czech Republic and/or Slovakia, including a new species of *Allodia* Winnertz. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 48: 97-105.
- (2001a): *Diptera* (excluding Mycetophilidae s. str.) associated with fungi in Czech and Slovak republics: a survey of rearing records from 1998-2000. – Acta Univ. Carol., Biol., 45: 157-168.
- (2001b): New records of Diadocidiidae, Keroplatidae and Mycetophilidae (*Diptera*: Sciaroidea) from the Czech Republic. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 50: 159-169.
- (2004a): Faunistic records from the Czech and Slovak Republics: *Diptera*. Anisopodidae, Mycetobiidae. – Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Masaryk. Brun., Biol., 109: 323-324.
- (2004b): New data on Sciaroidea (*Diptera*) from the Czech and Slovak Republics, with descriptions of seven new species of Mycetophilidae. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 53: 49-74.
- (2005): New records of *Sciophila* Meigen from the Czech and Slovak Republics (*Diptera*: Mycetophilidae). – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 54: 69-74.
- (2006a): *Diptera* associated with fungi in the Czech and Slovak Republics. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), Suppl. 2, 55: 1-84.
- (2006b): Faunistic records from the Czech and Slovak Republics. Mycetophilidae. – Acta Univ. Carol., Biol., 50: 137-138.
- (2007): Faunistic records. Dixidae. – Acta Zool. Univ. Comen., 47: 253-254.
- (2010): Czech and Slovak *Diptera* associated with fungi. 112 pp., Slezské zemské muzeum, Opava.
- Tuša I. (1984): K poznání larev a kukel proudomilek – *Liponeura* Loew 1844 (*Diptera*, Blephariceridae) z toků severní Moravy (ČSSR). – Čas. Slez. Muz., Opava, Ser. A, 33: 193-204.
- (1992a): K poznání proudomilek Československa. – Severní Morava, Šumperk, 63: 29-42.
- (1992b): Proudomilky – *Liponeura* Loew 1844 (*Diptera*, Blephariceridae) Československa. – Čas. Slez. Mus., Opava, Ser. A, 41: 269-278.
- (1993): Larvy číhalek rodu *Atherix* Meigen 1803 (*Diptera*, Athericidae) v tocích Československa. – Čas. Slez. Mus., Opava, Ser. A, 42: 21-29.
- (1994): K ekologii larev číhalek rodu *Atherix* Meigen 1803 (*Diptera*, Athericidae) v tocích České republiky a

- Slovenska. – Čas. Slez. Mus., Opava, Ser. A, 43: 21-34.
 Vála M. & Roháček J. (1983): Acalypterate Diptera of peat-bogs in North Moravia (Czechoslovakia). Part 5. Agromyzidae. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 32: 193-214.

BIBLIOGRAPHY OF OTHER INSECT ORDERS

- Anonymus (1961): Očima přírodovědce. Opavsko a Jeseníky před 120 lety. – Zprávy Slez. Úst. ČSAV Opava, 19: 1.
- Assman A. (1854): Verzeichnis der bisher in Schlesiens aufgefundenen wanzenartigen Insecten. – Zeitschr. Entomol. (Breslau), pp. 29-45.
- Banaš M., Lekeš V., Tremel V. & Kuras T. (2001): Několik poznámek k determinaci alpské hranice lesa ve Východních Sudetech. In: Létal A., Szczyrba Z. & Vysoudil M. (eds.): Sborník příspěvků Výroční konference ČGS „Česká geografie v období rozvoje informačních technologií“, pp. 109-128, UP Olomouc, Olomouc.
- Baudyš E. (1954): Zooecidie z oblasti Slezska a přilehlých částí Moravy. 288 pp., SPN, Praha.
 – (1961): Příspěvek k zooecidologickému výzkumu Jeseníků a Beskyd. – Přírod. Čas. Slezs., 22: 57-64.
 – (1963): Zooecidiologické drobnosti. – Zprávy Slez. Úst. ČSAV, Opava, př. vědy, 1963/125 - B: 10.
- Bezděčka P. (1983): Lesní mravenci na lokalitě Alfrédka. – Naší přírodou, 2: 18-19.
 – (1999): Vývoj komplexu hnízd *Formica lugubris* Zett. v Jeseníkách. – Formica, 2: 65-70.
 – (2005): Mravenci Jeseníků (Hymenoptera: Formicidae). – Campanula, sborník referátů z konference k 35. výročí CHKO Jeseníky (1969-2004), pp. 76-79, Správa CHKO Jeseníky, Jeseník.
 – (2009): Historie výzkumu mravenců (Hymenoptera: Formicidae) v Jeseníkách. In: Dýma M. (ed.): IX. Svatováclavské česko-polsko-německé setkání v Jeseníku 2009. Sborník referátů z Přírodovědného semináře na téma Živá příroda na Jesenicku – historie zoologických výzkumů, pp. 36-39, Vlastivědné muzeum Jesenicka, Jeseník.
- Burckhardt D. & Lauterer P. (2002a): *Trioza flixiana* sp. n. (Hemiptera, Psylloidea), a new jumping plant-louse species from Central Europe. – Rev. Suisse Zool. 109 (4): 799-802.
 – (2002b): Revision of the Central European *Trioza rotundata* complex (Hemiptera: Psylloidea): taxonomy and bionomy. – Mitt. Schweiz. Entomol. Ges., 75: 21-34.
- Bureš S. (1993): Food of water pipit nestlings, *Anthus spinoletta*, in changing environment. – Folia Zool., 42: 213-219.
 – (1994): Segregation of diet in water pipit (*Anthus spinoletta*) and meadow pipit (*Anthus pratensis*) nestlings in an area damaged by air pollution. – Folia Zool., 43: 43-48.
- Čejchan A. (1955): Příspěvek k poznání sarančí (Acridioidea) a kobylek (Tettigonioidea) Slezska (Orthoptera). – Přírod. Sbor. Ostrav. Kraje, 18: 270-273.
- Dittrich R. (1903a): Verzeichniss der in schlesien bisher aufgefundenen Hymenopteren. I. Apidae. – Zeitschr. Entomol. (Breslau), pp. 21-54.
 – (1903b): Verzeichnis der bisher in Schlesien aufgefundenen Hymenopteren. I. Apidae. – Zeitschr. Entomol. (Breslau), 28: 22-54.
 – (1905): Verzeichnis der bisher in Schlesien aufgefundenen Hymenopteren. II. Chalastogastra. – Zeitschr. Entomol. (Breslau), pp. 23-47.
- Dlabola J. (1954): Fauna ČSR I: Křísi – Homoptera. 340pp., NČSAV, Praha.
 – (1964): Neue Ergebnisse zur zoogeographischen Verbreitung einiger europäischen Zikaden (Homopt., Auchenorrhyncha). – Čas. Čs. Spol. Entomol. 61 (2):173-176.
- Dobšík B. (1951): K poznání Orthopter a Dermapter Slezska. – Přírod. Sbor. Ostrav. Kraje, 12: 102-114.
 – (1961): Kněžice (Heteroptera, Pentatomoidea Leach 1815) slezské oblasti. – Přírod. Čas. Slezs., 22: 401-408.
 – (1966): Wanzenfauna Schlesiens. In: Tesař Z. (ed.): II. Entomologické symposium o problémech faunistického a entomogeografického výzkumu. pp. 67-83.
 – (1977): Síťnatkovití (Tingidae), zákeřnicovití (Reduviidae) a klopušky (Microphysidae et Anthocoridae) slezské oblasti. – Acta Univ. Agric. (A), 25: 177-185.
 – (1983): Ploštice severní Moravy. – Campanula, 6: 67-75.
- Dolný A. (2005): Analýza fauny vážek (Odonata) v národních přírodních rezervacích CHKO Jeseníky. – Campanula, sborník referátů z konference k 35. výročí CHKO Jeseníky (1969-2004), pp. 39-43, Správa CHKO Jeseníky, Jeseník.
- Dolný A., Bárta D., Waldhauser M., Holuša O., Hanel L. et al. (2007): Vážky České republiky – Ekologie, ochrana a rozšíření. 672 pp., Český svaz ochránců přírody, Vlašim.
- Dvořák J. (1966): K výskytu vážek (Odonata) v ČSSR.. – Zprávy Čs. Spol. Entomol. 2: 44-48.
- Hoberlandt L. (1956): *Aradus kuthyi* Horváth zjištěný ve státní rezervaci Kovačovské kopce, nový pro faunu ČSR. – Acta Entomol. Mus. Nat. Pragae 30 (1955): 15-30.

- Holuša O. (1995): Výskyt vážek rodu *Somatochlora* na území bývalého Československa (*Odonata: Corduliidae*). – Klapalekiana, 31: 101-110.
- (1997a): Nové znalosti o rozšíření vážek rodu *Somatochlora* na území bývalého Československa (*Odonata: Corduliidae*). – Klapalekiana, 33: 23-28.
- (1997b): Výskyt šídla rašelinného (*Aeshna subarctica* Walker, 1908; *Odonata: Aeshnidae*) v Hrubém Jeseníku (Česká republika). – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 46: 287-288.
- (2000a): Fauna vážek (*Odonata*) Moravy a Slezska. In: Bryja J. & Zukal J. (eds.): Zoologické dny, Brno 2000. Abstrakta referátů z konference 9.–10. listopadu 2000, pp. 28-29., Česká zoologická společnost – brněnská pobočka, Brno.
- (2000b): Vážky (*Odonata*) ve sbírkách Muzea Beskyd Frýdek-Místek (Česká republika). (The dragonflies (*Insecta: Odonata*) in the collections of the Museum of the Beskydy Mts. Frýdek-Místek (Czech Republic). – Klapalekiana, 36: 71-79.
- (2004): Entomofauna. In: Buček A. & Maděra P. (eds.): Hodnocení významu, stavu a dynamiky vývoje geobiocenóz Národní přírodní rezervace Praděd a jejich ohrožení rekreačními aktivitami. – Geobiocenol. spisy, sv. 10, 116 pp., MZLU, Paido, Brno.
- Hykeš O. V. (1925): Zvířena našeho Slezska. – Vlastivědný sborník Slezský, 15(1): 51-63.
- Knight W.J. (1974): The evolution of the Holarctic leafhopper genus *Diplocolenus* Ribaut, with descriptions and keys to subgenera and species (*Homoptera: Cicadellidae*). – Bulletin of the British Museum (Natural History), Entomology, 29 (7): 259-413.
- Kočárek P. & Ševčík J. (1997): Škvoři (*Dermaptera*) severní Moravy a Slezska – přehled faunistických údajů. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 46: 97-103.
- Kolenati F. A. (1859a): Fauna des Altvaters (hohen Gesenkes der Sudeten). 83 pp., Buchdruckerei Rudolf Rohrer's Erben, Brünn.
- (1859b): Systematisches Verzeichnis der am Altvater bis gegenwärtig beobachteten der gesammelten Insekten, von 3700 bis 4680' Meereshöhe. – Jh. d. naturwiss. Sect. k. k. mähr. schles. Gesell. für Ackerbau, Natur- und Landeskunde 1858, (Brünn), 1: 1-83.
- (1859c): Naturhistorische Durchforschung des Altvatergebirges, *Lepidoptera*. – Jh. d. naturwiss. Sect. k. k. mähr. schles. Gesell. für Ackerbau, Natur- und Landeskunde 1858, (Brünn), 50-58.
- (1860): Einige neue Insekten-Arten vom Altvater (dem hohen Gesenke der Sudeten). – Wiener Entomol. Monat., 4 (12): 381-394.
- (1862): Entomologischen Notizen. – Mitt. Mähr.-schles. Ges. Ackerbau, Natur- und Landeskunde, 39: 335.
- Koschatzky C. R. (1818-1819): Naturhistorische Aphorismen über das Gesenke. – Hesperus. Nationalbl. Gebild. Leser, 2(37): 289-292; 4(44): 346-349.
- Koschatzky C. R. (1819): Über Schlesien und dessen Naturkunde. – Erneu. Vaterländ. Blätter Österr. Kaiserstadt, 94-96: 373-384.
- Kratochvíl J. (1949): Mravenci Jeseníků (*Formicidae*). – Entomol. listy, 12: 14-20.
- Krkavec F. (1951): Příspěvek k poznání chrostíků Slezska. – Přírod. Sbor. Ostrav., 17: 118-124.
- Kula E. (1980): Inventarizace mravence lesního na lokalitě Alfrédka. – Památky a příroda, Praha, 5/1: 34-36.
- (1984): Mravenci v okolí Alfrédky. – Naší přírodou, Praha, 2: 18.
- (1985): *Formica lugubris* Zett. (*Hymenoptera, Formicidae*) ve smrkových porostech lokality Alfrédka v Jeseníkách. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 35: 31-42.
- Kuras T. & Tuf I. H. (2005): Vliv borovice kleče na bezobratlé Hrubého Jeseníku. – Živa, 53: 268-269.
- Lacina A. (2010): Nález klopušky jesenícké po 63 letech neznámosti. – Živa 58: 270.
- Lang V. (1947): Cikády, psyly a molice Jeseníků. – Entomol. listy, 10: 19-27.
- Lauterer P. (1958): Příspěvek k poznání kříšů ČSR (*Homoptera, Auchenorrhyncha*). – Čas. Mor. Muz. (Sci. Nat.), 43: 125-136.
- (1963): Příspěvek k poznání mer (*Homoptera, Psylloidea*) Československa. – Čas. Mor. Muz. (Sci. Nat.), 48: 145-156.
- (1965): A contribution to the knowledge of the psyllid fauna of Czechoslovakia II. – Čas. Mor. Muz. (Sci. Nat.), 50: 171-189.
- (1978): New records of leafhoppers from Czechoslovakia (*Homoptera, Auchenorrhyncha*). – Čas. Mor. Muz. (Sci. Nat.), 63: 111-116.
- (1982): New data on the occurrence, bionomics and taxonomy of some Czechoslovakian *Psylloidea* (*Homoptera*). – Čas. Mor. Muz. (Sci. Nat.), 67: 133-162.
- (1983): *Fagocyba cerricola* sp.n. and new and interesting records of leafhoppers from Czechoslovakia (*Homoptera, Auchenorrhyncha*). – Čas. Mor. Muz. (Sci. Nat.), 68: 139-152.
- (1984): New and interesting records of leafhoppers from Czechoslovakia (*Homoptera, Auchenorrhyncha*) II. – Čas. Mor. Muz. (Sci. Nat.), 69: 143-162.
- (1986): New and interesting records of leafhoppers from Czechoslovakia (*Homoptera, Auchenorrhyncha*) III. – Čas. Mor. Muz. (Sci. Nat.), 71: 179-187.

- (1998a): Notes on the distribution and egg shape of several European psyllid species (Homoptera, Psylloidea). – Acta mus. Mor. (Sci. Biol.), 82: 157-161.
- (1998b): Results of the investigations on Hemiptera in Moravia, made by the Moravian museum (introduction, Psylloidea I). – Acta mus. Mor. (Sci. Biol.), 83: 99-126.
- (1999): Results of the investigations on Hemiptera in Moravia, made by the Moravian museum (Psylloidea 2), – Acta mus. Mor. (Sci. Biol.), 84: 71-151.
- Lauterer P. & Malenovský I. (2002): New distributional and biological data on European Psylloidea (Hemiptera, Sternorrhyncha), with special reference to the fauna of the Czech Republic and Slovakia. – Entomol. Basil., 24: 161-177.
- Malenovský I. & Lauterer P. (2010): Additions to the fauna of planthoppers and leafhoppers (Hemiptera: Auchenorrhyncha) of the Czech Republic. – Acta mus. Mor. (Sci. Biol.), 95 (1): 49-122.
- Mazalová M., Dvořák L., Bezděčka P. & Kuras T. (2009): Čmeláci a pačmeláci (Hymenoptera: Apidae: *Bombus*) národní přírodní rezervace Praděd (Hrubý Jeseník). – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 58: 243-249.
- Mazalová M. & Kuras T. (2010): Čmeláci a pačmeláci Národní přírodní rezervace Praděd: potravní ekologie a kompetice zaznamenaných druhů. In: Bryja J. & Zasadil P. (eds.): Zoologické dny, Praha 2010. Sborník abstraktů z konference 11. –12. února 2010, pp. 150-151, AV ČR, ČZU v Praze, ČZS, Praha
- Melichar L. (1896): Cicadinen (Hemiptera-Homoptera) von Mittel-Europa. 364 pp., F. L. Dames, Berlin.
- Miles P. (1975): Návrh na vyhlášení chráněného naleziště mravenců rodu *Formica* v Chráněné krajinné oblasti Jeseníky. – Zpravod. Správy CHKO Jeseníky, pp. 4-8, Správa CHKO Jeseníky, Jeseník.
- Mühlethaler R., Burckhardt D., Lauterer P. & Nagel P. (2009): Taxonomy and biogeography of Central European Kybos (Insecta: Hemiptera: Cicadellidae). – Deutsch. Entomol. Zeitschr., 56 (1): 15-40.
- Obr S. (1948): K poznání druhu *Peripsocus didymus* Roes (Psocoptera). – Sbor. Klubu Přírod. v Brně, 28: 1-4.
- (1949): Pisivky Slezských Jeseníků a Králického Sněžníku. – Přírod. Sbor. Ostrav. Kraje, 10: 219-234.
- (1954): Příspěvek k poznání pisivek Slezska. – Přírod. Sbor. Ostrav. Kraje, 15: 269-283.
- Pax F. (1915): Über die Gefährdung entomologischer Naturdenkmäler in Schlesien. – Jh. d. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 8: 3-12.
- (1921): Die Tierwelt Schlesiens. 349 pp., Verlag von Gustav Fischer, Jena.
- Přidal A. & Komzánková O. (2009): Faunistic record in the Czech Republic – 276 (Hymenoptera: Apoidea, Apidae). – Klapalekiana, 45(1): 119-120.
- Rosický B. (1947): Příspěvek k poznání blech (Aphaniptera) Jeseníků. – Fol. Entomol., Brno, 10: 30-32.
- Roubal J. (1957): Faunistika československých ploštic rodu *Globiceps* Lep. Serv. – Čas. Čs. Spol. Entomol., 54: 385-390.
- (1958): Kritické poznámky o variabilitě ploštice *Aradus betulae* (L.) 1758. – Přírod. Čas. Slez., 20: 113-116.
- Rusek J., Starý J., Tajovský K. et Pižl V. (2005): Dlouhodobý půdně-zoologický výzkum v CHKO Jeseníky. – Campanula, pp. 28-30.
- Sadil J. (1954): Příspěvek k poznání mravenčí fauny našich hor. (Ein Beitrag zur Kenntnis der Bergameisenfauna der Tschechoslowakei). – Ročenka čs. spol. Entomol. 50 (1953): 188-196.
- Sedlák E. (2001): Trichoptera from crenal and epirhithral of Moravice in Velká Kotlina Cirque and other sites of the Jeseníky Mountains. – Scripta-Biology, 37: 159-171.
- Schindler O. (1914): Meine Exkursion nach Oesterreich.-Schlesien (Altwatergebiet). – Entomol. Zeitschr., 28: 35-36, 38-40.
- Schneider W.G. (1885): Verzeichnis der Neuropteren Schlesiens. – Zeitschr. Entomol. (Breslau), 10: 17-32.
- Scholz M. F. R. (1931): Verzeichnis der Wanzen Schlesiens. – Entomol. Anz., 11(4): 50.
- Schubert K. (1929): Geradflügler und Libellen des Altwatergebirges. – Zeitschr. Wiss. Insektenbiol., 24: 251-255.
- (1930): Die Libellen und Geradflügler des Moosebruches (Altwatergebirge). – Zeitschr. Wiss. Insektenbiol., 25: 183-198.
- (1933): Beiträge zur Kenntnis der Tierwelt des Moosebruches im Altwatergebirge. – Zeitschr. Morfol. Oekol. Tiere, 27: 324-372.
- Schummel T. E. (1843): Entomologische Exkursion ins Gesenke. – Jh. Schles. Ges. Vaterl. Kult., Breslau
- (1844): In den ersten Tagen des August 1843 auf dem Gesenke gefundenen Insekten einiger Ordnungen. – Übers. Arb. Ver. Schles. Ges. Vaterl. Kult., 1843: 184-199.
- Spitzner W. (1891): Beitrag zur Hemipteren-fauna Mährens. – Verhandl. Naturforsch. Ver. Brünn, 30: 3-34.
- Stehlík J. L. (1952): Fauna Heteropter Hrubého Jeseníku. – Čas. Mor. Muz. (Sci. Nat.), 37: 132-248.
- (1970): Contribution to the knowledge of Heteroptera of Moravia and Slovakia. – Čas. Mor. Muz. (Sci. Nat.), 55: 209-232.
- (1978): New records of Heteroptera from Czechoslovakia. – Čas. Mor. Muz. (Sci. Nat.), 63: 107-110.
- (1983): Results of the investigations on Hemiptera in Moravia made by the Moravian Museum (Pentatomoidea II). – Čas. Mor. Muz. (Sci. Nat.), 68: 153-172.

- Stehlík J. L. & Vavřínová I. (1990): Results of the investigations on Hemiptera in Moravia made by the Moravian Museum (Berytidae). – Čas. Mor. Muz. (Sci. Nat.), 75: 219-235.
- (1998): Results of the investigations on Hemiptera in Moravia made by the Moravian Museum (Lygaeidae II). – Čas. Mor. Muz. (Sci. Biol.), 82: 57-108.
- Ševčík J. (1995): Dlouhošijky (Insecta: Neuropteroidea: Raphidioptera) Slezska a severní Moravy – současný stav znalostí. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 44: 251 - 258.
- (1997): New and interesting records of Neuroptera and Raphidioptera from Moravia and the Czech part of Silesia. – Klapalekiana, 33: 75-82.
- (1998): Příspěvek k poznání síťokřídých (Neuroptera) Hrubého Jeseníku. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 47: 225-232.
- Ševčík J. & Hudeček J. (1995): Síťokřídli (Insecta: Neuropteroidea: Planipennia) Slezska a severní Moravy – přehled dosavadních znalostí. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 44: 141-156.
- Then F. (1896): Neue Arten der Cicadinen-Gattungen *Deltocephalus* und *Thamnotettix*. – Mitteil. Naturwiss. Ver. Steiermark, 1896: 3- 35.
- (1899): Drei bekannte und eine neue Species der Cicadinen Gattung *Deltocephalus*. – Mitteil. Naturwiss. Ver. Steiermark, 1899: 126-140.
- (1900a): Bemerkungen zu vier Cicadinen Species. – Mitteil. Naturwiss. Ver. Steiermark, 1900: 258-266.
- (1900b): Beitrag zur Kenntnis der österreichischen species der Cicadinen-Gattung *Deltocephalus*. – Mitteil. Naturwiss. Ver. Steiermark, 1900: 118-169.
- Tomšík B. (1947): Rod *Spilomicrus* Westw. (Hym. Proctotr.). – Entomol. listy, 10: 33-43.
- Tuša I. (1970): Nepůvodní živočichové v Jeseníkách. – Vlastivědná zajímavost č. 24/1970, Vlastivědný ústav Šumperk, 4 p.
- (1971): Vodní zvířena Jeseníků. – Vlastivědná zajímavost č. 45/1971, Vlastivědný ústav Šumperk, 4 p.
- (1973a): Larvy jepic Bělé, Branné, Desné a Krupé. – Severní Morava, Šumperk, 25: 44-54.
- (1973b): Mayfly larvae in current habitats of Bělá Creek (Northwestern part of Moravia, Czechoslovakia). – Acta Hydrobiol., Krakow, 15: 311-320.
- (1974): Mayfly larvae (Ephemeroptera) in current habitats of three trout streams with stony bottom (North-Western Moravia, Czechoslovakia). – Acta Hydrobiol., Krakow, 16: 417-429.
- (1986): Charakter zvířeny okresu Šumperk. – Severní Morava, Šumperk, 51: 43-53.
- Vojtek J. (1949): Příspěvek k poznání slezských Orthopter. – Přírod. Sbor. Ostrav. Kraje, Opava, 10: 319-337.
- Vondráček K. (1957): Mery – Psylloidea (řád: hmyz stejnokřídly – Homoptera). Fauna ČSR 9. 431 pp., NČSAV, Praha.
- Vysoký V. (1995): Několik poznámek k výskytu mravenců v okolí Pradědu (Hymenoptera: Formicoidea). – Fauna Bohem. Septentrion., 20: 179-181.
- Werner F. (1923): Beiträge zur Orthopterenfauna von Mähren. – Verh. Naturforsch. Ver. Brünn 58(1920-1921): 72-76.
- Wocke M. F. (1848): Eine Exkursion in's Altwatergebirge. – Jahres-Bericht. d. Gesellschaft f. vaterl. Cultur., pp. 71-74.
- (1850): Eine Wanderung durch's Altwatergebirge und die Grafschaft Glatz. – Zeitschr. Entomol. (Breslau), 43-47.
- Zahrádková S., Soldán T. & Mergl A. (1999): Mayflies (Ephemeroptera) of the Jeseníky Mountains Protected Landscape Area, Czech Republic: a historical and present status overview. – Scripta Biol., 25: 67–97.
- Zacher F. (1907): Beiträge zur Kenntnis der Orthopteren Schlesiens. – Zeitschr. Wiss. Insektenbiol., 3: 179-185, 211-217.
- Záleský M. (1939): Prodromus našeho blanokřídleho hmyzu III. Formicoidea. – Sbor. entomol. odděl. Nár. mus. v Praze, 17: 192-240.
- Záruba P. (2001): Jepice (Ephemeroptera) v NPR Praděd. – Ochrana přírody, 56 (3): 47-76.
- Zavřel H. (1955): Minující hmyz přírodních rezervací v Jeseníkách. – Ochrana přírody, 10: 301-303.
- (1960): Příspěvek k rozšíření minujícího hmyzu ve Slezsku. – Přírod. Čas. Slez, Opava, 11: 25-47.
- Zdobnitzky W. (1910): Beitrag zur Ameisenfauna Mährens. – Zeitschr. Mähr. Landesmus., 10: 1-13.
- Zelinka M. (1951): Příspěvek k poznání fauny Bílé Opavy. – Sbor. Klubu Přírodov. v Brně, 29: 201-205.

Unpublished documents:

- Bezděčka P. (in litt.): Myrmekologický výzkum CHKO Jeseníky. (Závěrečná zpráva). Správa CHKO Jeseníky, 1982, 6 pp., Jeseník.
- (in litt.): Inventarizační průzkum přírodní rezervace Pod Jelení studánkou. (Závěrečná zpráva). Správa CHKO Jeseníky, 1999, 7 pp., Jeseník.
- (in litt.): Inventarizační průzkum mravenců, vos a čmeláků (Hymenoptera: Formicidae, Vespidae, Apidae) národní přírodní rezervace Rejvíz. (Závěrečná zpráva). Správa CHKO Jeseníky, 2005, 11 pp., Jeseník.

- DoIný A. (in litt.): Inventarizační průzkum NPR Praděd z oboru odonatologie. (Závěrečná zpráva). Správa CHKO Jeseníky, 2004, 6 pp., Jeseník.
- (in litt.): Fotoatlas vážek (Odonata) zaznamenaných v rámci Inventarizačních průzkumů NPR na území CHKO Jeseníky. (Závěrečná zpráva). Správa CHKO Jeseníky, 2005, Jeseník.
- Helešic J. (in litt.): Hydrobiologické monitorování (makrozoobentos) na monitorovacích plochách v NPR Praděd a NPR Rejvíz 1997. (Závěrečná zpráva). Správa CHKO Jeseníky, 1997, 5 pp. + přílohy, Jeseník.
- Rusek J. & Starý J. (in litt.): Výzkum cenóz půdních organismů a změn chemismu půdy v CHKO Jeseníky, především ve vrcholové části. (Závěrečná zpráva). UBP ČSAV, 1992, 38 pp., České Budějovice.

References

a) Bibliographies used as an information sources

- Laus H. (1901): Die zoologische Literatur Mährens und Österr-Schlesiens bis 1901. R.M. Rohrer – Brünn.
- (1928): Přírodovědecká literatura Moravy a Slezska z let 1911-1928. – Přírod. Sborn. Ostrav. Kraje, Ostrava, 4: 94-153.
- Syniawa M. (2006): Biograficzny słownik przyrodników śląskich. Tom 1. 460 pp., Centrum Dziedzictwa Przyrody Górnego Śląska, Katowice.
- Šedivý J. & Bezděčka P. (2001): Bibliografie blanokřídlého hmyzu České republiky (Hymenoptera). (Bibliography of Hymenoptera of the Czech Republic). – Sborník Přírodovědného Klubu v Uherském Hradišti, Suppl. 6: 3-81.
- (2002): Doplněk Bibliografie blanokřídlého hmyzu České republiky (Hymenoptera). (Supplement to the Bibliography of Hymenoptera of the Czech Republic). – Sborník Přírodovědného Klubu v Uherském Hradišti 7: 185-188.
- Smetana O. (1969): Entomologická bibliografie Československa 1951–1960. 330 pp., Academia, Praha.
- Rozkošný R. (1971): Bibliography of Diptera in Czechoslovakia 1758–1965. Taxonomy and Faunistics. 240 pp., Univ. J. E. Purkyně, Brno.
- (1977): Czechoslovak dipterological literature 1966–1975. – Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Purk. Brun., 18, Biol., 59 (6): 1-150.
- Rozkošný R. & Vaňhara J. (1988): Czechoslovak dipterological literature 1976–1985. – Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Purk. Brun., 18, Biol., 88: 1-208.
- Vaňhara J. & Rozkošný R. (1997): Czech and Slovak Dipterological Literature 1986–1995. – Folia Fac. Sci. Nat. Univ. Masaryk. Brun., Biol., 96: 1-170.

b) Other references except of works cited in the own bibliography

- Jeník J. (1998): Biodiversity of the Hercynian mountains of central Europe. – Pirineos, 151-152: 83-99.
- Schmidtová T. a kol. (2009): Chráněná krajinná oblast Jeseníky. – Ochrana přírody, 3: 2-6.

Acknowledgements: Thanks for revision and supplement of bibliography to Pavel Bezděčka, Jaroslav and Otakar Holuša, Petr Kočárek, Pavel Lauterer, Magdaléna Roháčová and Jan Ševčík. We are grateful to Jaroslav Starý and Jindřich Roháček for their helpfulness and flexible consultation of problematic parts of the text. Last but not least, we thank to Daniel Lee for revising the language.

Authors' address: Monika Mazalová, Tomáš Kuras, Katedra ekologie a životního prostředí, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, Třída Svobody 26, Olomouc, CZ – 771 46, e-mail: monika.mazalova@upol.cz
Josef Kašák, Katedra zoologie a ornitologická laboratoř, Přírodovědecká fakulta, Univerzita Palackého v Olomouci, Třída Svobody 26, Olomouc, CZ – 771 46 e-mail: abovic@seznam.cz

Příspěvek III

Kašák J., Trnka F. et Gabriš R. 2012: Results of entomological survey of beetles (Coleoptera) from the Borek u Domašova Natural Reserve (Jeseníky Protected Landscape Area): implications for conservation biology. *Časopis Slezského muzea v Opavě. Série A.* 61: 197-212.

Results of entomological survey of beetles (Coleoptera) from the Borek u Domašova Natural Reserve (Jeseníky Protected Landascape Area): implications for conservation biology

Josef Kašák, Filip Trnka & Radim Gabriš

Results of entomological survey of beetles (Coleoptera) from the Borek u Domašova Natural Reserve (Jeseníky Protected Landascape Area): implications for conservation biology. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 61: 197-211, 2012.

Abstract: This paper is focused on the fauna of beetles from the Borek u Domašova Nature Reserve (NR) in the Hrubý Jeseník Mountains. Altogether 257 species of beetles belonging to 45 families were recorded during an entomological survey in 2011 and 2012. We found out valuable assemblages of beetles, especially a community of saproxylic beetles which is of high bioindicative value. Recorded were boreo-montane or relict species of natural old-growth forests such as *Ceruchus chrysomelinus*, *Curimus erichsoni*, *Danosoma fasciata*, *Dendrophagus crenatus*, *Elateroides flabellicornis*, *Hylis foveicollis*, *Melandrya barbata* etc. We propose the following management measures, necessary for the preservation of populations of the threatened species of the Borek u Domašova NR. A non-action strategy seems to be the most appropriate management by means of avoiding the removal of fallen and dead trees from the forest. On the contrary, the structure of the forest should be enriched with fir seedlings, planted and protected from the damage caused by deer. We also recommend to enlarging the area of the NR in the near future.

Key words: Coleoptera, faunistics, conservation, saproxylic beetles, Borek u Domašova Natural Reserve, Hrubý Jeseník Mts., Czech Republic

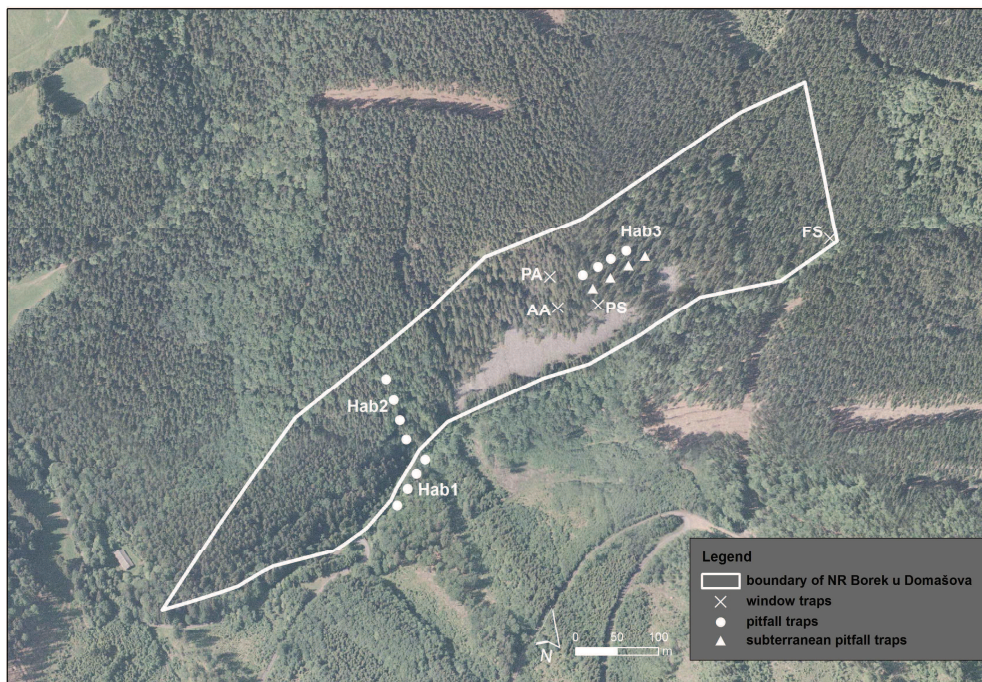
Introduction

The Hrubý Jeseník Mts. belong to the largest mountain areas in the Czech Republic, with a heterogeneous and specific fauna and flora. Therefore, the region is in the centre of entomologists' interest, which is confirmed by many historical and recent papers (Mazalová et al. 2012). Most of the works concerned about beetles in Hrubý Jeseník Mts. is focused on Praděd Mt. and its close surroundings. That is why we have a poor knowledge of the coleopterofauna of broader surroundings. Nevertheless, some historical and even recent faunistic records reveal other entomologically valuable localities with natural habitats, situated in the Jeseníky Mts. (see Gerhardt 1910; Malec 1976; Vavroušek 1980, 1983; Stanovský & Pulpán 2006; Kašák & Gabriš 2011). One of these potentially valuable places is the Borek u Domašova Nature Reserve (NR). Although we have some historical evidence (faunistic records) from the „Waldenburg am Altvater = Bělá pod Pradědem“ which is within the broader surroundings of the area concerned (Uechtritz 1846; Letzner 1849-1852, 1871, 1885, 1888-1889; Roger 1856; Gerhardt 1890-1891, 1900a, b, 1902-1903, 1906, 1910; Gabriel 1903), as well as more recent studies focused on the occurrence of ground beetles (Roháček 1989; Skoupý 2004; Stanovský & Pulpán 2006) a comprehensive entomological survey of the locality is still lacking. The only paper dealing directly with the locality of interest still remains a record of the occurrence of lucanid *Ceruchus chrysomelinus* (Kašák & Gabriš 2011).

The main aims of this paper are the following: a) to gather and present the results of the basic faunistic survey of beetles of the Borek u Domašova NR, b) the interpretation of occurrence of significant species and c) proposal of biodiversity-friendly management of the study area, ensuring protection of valuable species (communities) of beetles.

Characteristic of the area

The Borek u Domašova NR is forest type of protected area which covers the area of 13.5 ha. The area is legislatively protected since 1990. The study site is situated 1 km to the east from the village of Bělá pod Pradědem on the south-east slope of the Zaječí hora Mt. (1011 m), the altitude ranging between 690 and 910 m a.s.l., in faunistic square 5869 (Pruner & Míka 1996). The geological structure of the area is formed by stone streams and debris from devonian quartzites and another important group is represented by deluvial sediments. The debris is usually covered by vegetation of boreo-continental pine forests - habitat L8.1 *sensu* Habitat Catalogue of the Czech Republic (Chytrý et al. 2001), which is followed by mixed beech-spruce forest close to nearby Zaječí potok brook. The small brook with natural character builds the east border of the area of interest. The actual vegetation is dominated by Norway spruce (*Picea abies*), Scots pine (*Pinus sylvestris*), and Silver fir (*Abies alba*) although European beech (*Fagus sylvatica*) is significantly present especially in lower parts of the NR. The presence of huge trees up to 180 years old and rich offer of wood of different age and condition, including dying or dead trees, fallen trunks often invaded with various fungi etc. is characteristic of the area of interest (Weismanová et al. 2004).



Map 1: AA = Silver fir (*Abies alba*), Hab1 = habitat of share of the brook, Hab2 = habitat of mixed beech and spruce forest, Hab3 = habitat of boreo-continental pine forest, FS = European beech (*Fagus sylvatica*), PA = Norway spruce (*Picea abies*), PS = Scots pine (*Pinus sylvestris*), WT = window traps.

Sampling methods and study sites

The main goal of this entomological survey was to collect a representative overview of beetles of various ecological guilds. Field work was carried out during one year period from May 2011 to May 2012. The following methods were used for sampling: individual collecting (searching adults at attractive wood, under bark and stones, on flowers and fungi), beating, sweeping, sifting and sampling by pitfall, subterranean pitfall and window traps. In total, 11 field trips were carried out in the area of interest for individual collecting (10.v., 26.v., 27.vi., 11.vii., 13.vii., 2.viii., 4.ix., 9.ix., 10.x., 9.xii.2011 and 30.v.2012).

The pitfall traps consisted of a plastic beaker (8 cm diameter and 0.5 l volume) filled in one third with ethylene glycol for a fixation of specimens. The traps were set in three different biotopes (see Map 1): banks of the brook, mixed beech-spruce forest and boreo-continental pine forest. Four traps were set in each habitat in line. Subterranean pitfall traps were set in the design of lines made of four traps and were situated only in the debris of boreo-continental pine forest. Each subterranean pitfall trap consisted of a tube (8 cm diameter, 40 cm long) with perforations (1 cm diameter) and with a beaker in the bottom (capacity 0.3 l, filled with ethylene glycol). The traps for collecting epigeic and edafic beetles were installed on 10.v. and regularly emptied and re-filled on 26.v., 27.vi., 2.viii. and 9.ix.2011.

We also used four window traps, which consisted of two transparent plastic plates (40×70 cm), mounted funnel and collecting beaker with a concentrated solution of sodium chloride. The window traps were installed at

a height of 2 m on four partly sunlit trees (*Abies alba*, *Pinus sylvestris*, dead *Fagus sylvatica* and *Picea abies* - for localization see Map 1). The traps were put into operation on 26.v. and later checked on 27.vi., 11.vii., 2.viii., 4.ix. and 10.x.2011.

All material was determined by the authors of this paper and is deposited in their private collections if it is not mentioned otherwise. Easily identifiable species were recorded immediately in the field and released back into nature. Species categorized in the Red List of threatened species in the Czech Republic (Farkač et al. 2005) include collecting details. The most valuable species belonging to the categories „critically endangered“ and „endangered“ are additionally commented on. The nomenclature follows the Checklist of beetles of the Czech Republic (Jelínek 1993) and is adjusted according to the more recent papers (Cuccodoro 2007; Boháč et al. 2007; Benedikt et al. 2010).

Abbreviations: AA = Silver fir (*Abies alba*), CR = Czech Republic, Hab1 = habitat 1 (share of the brook), Hab2 = habitat 2 (mixed beech and spruce forest), Hab3 = habitat 3 (boreo-continental pine forest), FS = European beech (*Fagus sylvatica*), NR = Nature Reserve, PA = Norway spruce (*Picea abies*), PT = pitfall traps, PS = Scots pine (*Pinus sylvestris*), SPT = subterranean pitfall traps, WT = window traps.

Results

During the entomological survey altogether 257 species of 45 families were recorded. In total, 25 species are listed in the Red List (Farkač et al. 2005). The following species of the Red List (Farkač et al. 2005) were recorded in the Borek u Domašova NR: *Ceruchus chrysomelinus*, *Curimus erichsoni*, *Elateroides flabellicornis* as critically endangered, *Atreucus longiceps*, *Danosoma fasciata*, *Dendrophagus crenatus*, *Diacanthous undulatus*, *Hylis foveicollis*, *Melandrya barbata* as endangered, *Carabus variolosus*, *Denticollis rubens*, *Endomychus coccineus*, *Epuraea laeviuscula*, *Lesteva monticola*, *Mniusa incrassata*, *Omalium rugatum*, *Serropalpus barbatus* as vulnerable and *Acalles fallax*, *Athous zebei*, *Onyxacalles pyrenaicus*, *Rhyncolus* cf. *sculpturatus*, *Ruteria hypocrita*, *Timarcha metallica*, *Trachodes hispidus* and *Trichius fasciatus* as near threatened. The species within each family are listed alphabetically.

ALLECULIDAE

Allecula morio (Fabricius, 1787): 11.vii.2011, 2 spec.; 13.vii.2011, at night on Scots pine (*Pinus sylvestris*), 3 spec., all spec. O. Konvička rev.

ANOBIIDAE

Ernobius mollis (Linnaeus, 1758): 2.viii.-4.ix.2011, WT – PA, 2 spec.

Hadrobregmus pertinax (Linnaeus, 1758): 26.v.2011, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, SPT – Hab3, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – FS, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 6 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – PA, 6 spec.; 2.vii.-4.ix.2011, WT – AA, 1 spec.; 4.ix.-10.x.2011, WT – PS, 1 spec.

Microbregma emarginatum (Duftschmid, 1825): 26.v.2011, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – AA, 1 spec.

Ptilinus pectinicornis (Linnaeus, 1758): 13.vii.2011, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – FS, 3 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – FS, 1 spec.

Ptinomorphus imperialis (Linnaeus, 1767): 27.vi.-11.vii.2011, WT – FS, 1 spec.

Xestobium rufovillosum (De Geer, 1774): 26.v.-27.vi.2011, WT – FS, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 1 spec.

ANTHRIBIDAE

Brachytarsus nebulosus Förster, 1771: 26.v.-27.vi.2011, WT – PS, 1 spec.; 10.xii.2011, under scales of bark of Silver fir (*Abies alba*), 5 spec.

BUPRESTIDAE

Anthaxia helvetica Stierlin, 1868: 26.v.2011, 3 spec.

BYRRHIDAE

Byrrhus arietinus Steffahn, 1842: 10.v.-26.v.2011, PT – Hab3, 3 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab3, 3 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – FS, 3 spec.; 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab3, 3 spec.; 27.vi.2011, 1 spec., all spec. det. M. Boukal.

Curimus erichsoni Reitter, 1881: 26.v.-27.vi.2011, WT – FS, 1 spec., J. Kašák leg. et coll., M. Boukal det.; 11.vii.-2.viii.2011, WT – FS, 1 spec., J. Kašák leg., M. Boukal det. et coll.
Species occurring in highlands and mountains of Central and Eastern Europe (cf. Mroczkowski 1958). It lives in mosses on trees and rocks only in biotopes with natural character. Species is indicator of forest continuity (M. Boukal pers. com.). In the Hrubý Jeseník Mts. are known only old records from past in Bělá pod Pradědem (Letzner 1888) and Praděd (Gerhardt 1910).

BYTURIDAE

Byturus tomentosus (De Geer, 1774): 26.v.2011, 2 spec.

CANTHARIDAE

Ancistronycha erichsonii Bach, 1854: 13.vii.2011, 1 spec., L. Koloničný rev.

Ancistronycha violacea (Paykull, 1789): 26.v.2011, 1 spec.

Ancistronycha occipitalis (Rosenhauer, 1847): 30.v.2012, 1 spec.

Cantharis pagana Rosenhauer, 1846: 26.v.-27.vi.2011, WT – FS, 1 spec.

Cantharis paludosa Fallén, 1807: 26.v.2011, 2 spec., L. Koloničný rev.

Cratosilis denticollis (Schummel, 1844): 13.vii.2011, 1 spec.

Podistra schoenherri (Dejean, 1837): 13.vii.2011, 1 spec., L. Koloničný rev.

CARABIDAE

Abax parallelepipedus (Piller et Mitterpacher, 1783): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 3 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab1, 1 spec.

Carabus auronitens Fabricius, 1792: 10.v.-26.v.2011, PT – Hab2, 10 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab2, 7 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab3, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, SPT – Hab3, 1 spec.; 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab2, 1 spec.

Carabus glabratus Paykull, 1790: 10.v.-26.v.2011, PT – Hab3, 2 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 7 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab2, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab3, 11 spec.; 26.v.-27.vi.2011, SPT – Hab3, 7 spec.; 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab2, 1 spec.; 27.vi.-2.viii.2011, SPT – Hab3, 1 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab1, 1 spec.

Carabus intricatus Linnaeus, 1761: 10.v.-26.v.2011, PT – Hab2, 10 spec.; 10.v.-26.v.2011, PT – Hab3, 9 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 2 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab2, 4 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab2, 10 spec.; 26.v.-27.vi.2011, SPT – Hab3, 7 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – FS, 1 spec.

Carabus linnaei Panzer, 1810: 10.v.-26.v.2011, PT – Hab2, 10 spec.; 10.v.-26.v.2011, PT – Hab3, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab2, 8 spec.; 26.v.-27.vi.2011, SPT – Hab3, 2 spec.; 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab2, 16 spec.; 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab3, 1 spec.; 27.vi.-2.viii.2011, SPT – Hab3, 1 spec.; 11.vii.-2.viii.2011, WT – FS, 1 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab1, 5 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab2, 10 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab3, 5 spec.

Carabus variolosus Fabricius, 1787: 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 2 spec., J. Kašák leg. et coll., F. Trnka det.

Carabus violaceus Linnaeus, 1758: 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab2, 5 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab3, 2 spec.; 26.v.-27.vi.2011, SPT – Hab3, 6 spec.; 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab2, 6 spec.; 27.vi.-2.viii.2011, SPT – Hab3, 1 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab3, 2 spec.

Cychrus attenuatus (Fabricius, 1792): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 1 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab2, 1 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab3, 1 spec.

Cychrus caraboides (Linnaeus, 1758): 10.v.-26.v.2011, PT – Hab2, 2 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, SPT – Hab3, 1 spec.

Dromius agilis (Fabricius, 1787): 13.vii.2011, 1 spec.; 4.ix.-10.x.2011, WT – AA, 1 spec.

Europhilus fuliginosus (Panzer, 1809): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 2 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab1, 1 spec.

Loricera pilicornis (Fabricius, 1775): 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab3, 1 spec.

Notiophilus biguttatus (Fabricius, 1779): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab3, 3 spec.; 26.v.-27.vi.2011, SPT – Hab3, 2 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab3, 1 spec.; 11.vii.2011, 2 spec.; 9.ix.2011, 1 spec.

Notiophilus palustris (Duftschmid, 1812): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab3, 1 spec.

Platynus assimilis (Paykull, 1790): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 4 spec.; 10.x.2011, 1 spec.

Pterostichus niger (Schaller, 1783): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 6 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab3, 2 spec.; 26.v.-27.vi.2011, SPT – Hab3, 1 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab3, 1 spec.

Pterostichus oblongopunctatus (Fabricius, 1787): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 3 spec.

Trechus pilisensis sudeticus Pawlowski, 1975: 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 2 spec., J. Stanovský det.

Trechus striatulus Putzeys, 1847: 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab1, 1 spec., J. Stanovský det.

Trichotichnus laevicollis (Duftschmid, 1812): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab2, 2 spec.

CERAMBYCIDAE

- Alosterna tabacicolor* (De Geer, 1775): 26.v.2011, 3 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab3, 1 spec.
Anastrangalia sanguinolenta (Linnaeus, 1761): 27.vi.2011, 5 spec., observ.
Brachyleptura maculicornis (De Geer, 1775): 27.vi.-11.vii.2011, WT – PS, 1 spec.
Carilia virginea (Linnaeus, 1758): 26.v.2011, 2 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 1 spec.
Clytus lama Mulsant, 1847: 13.vii.2011, 1 spec., beaten from Norway spruce (*Picea abies*).
Corymbia rubra (Linnaeus, 1758): 13.vii.2011, 2 spec., observ.; 2.viii.2011, 1 spec., observ.
Evodinus clathratus (Fabricius, 1793): 26.v.2011, 4 spec., observ.
Leiopus linnei Wallin, Nylander et Kvamme, 2009: 13.vii.2011, 1 spec.
Leptura quadrifasciata Linnaeus, 1758: 13.vii.2011, 1 spec., observ.
Molorchus minor (Linnaeus, 1758): 26.v.2011, 3 spec., observ.
Obrium brunneum (Fabricius, 1793): 26.v.2011, 2 spec., observ.; 11.vii.2011, 2 spec.
Oxymirus cursor (Linnaeus, 1758): 27.vi.2011, 1 spec., observ.
Pachytodes cerambyciformis (Schrank, 1781): 27.vi.2011, 1 spec., observ.
Pidonia lurida (Fabricius, 1792): 26.v.2011, 3 spec., observ.
Rhagium bifasciatum Fabricius, 1775: 26.v.2011, 1 spec., observ.; 26.v.-27.vi.2011, SPT – Hab3, 1 spec.
Rhagium inquisitor (Linnaeus, 1758): 26.v.2011, 1 spec.; 26.v.2011, 2 spec., under bark of stump of Norway spruce (*Picea abies*), observ.; 26.v.-27.vii.2011, WT – PA, 7 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – PA, 2 spec.; 10.x.2011, 1 spec.
Rhagium mordax (De Geer, 1775): 26.v.2011, 1 spec., under bark of stump of willow (*Salix caprea*), observ.; 26.v.-27.vi.2011, WT – FS, 2 spec.
Stenurella melanura (Linnaeus, 1758): 13.vii.2011, 1 spec., observ.
Tetropium castaneum (Linnaeus, 1758): 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 6 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – AA, 1 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – AA, 1 spec.
Tetropium fuscum (Fabricius, 1787): 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 2 spec.; 30.v.2012, 1 spec.

CERYLONIDAE

- Cerylon fagi* C. Brisout de Barneville, 1867: 26.v.-27.vi.2011, WT – FS, 3 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – FS, 1 spec.
Cerylon ferrugineum Stephens, 1830: 27.vi.-11.vii.2011, WT – FS, 1 spec., J. Vávra det.; 11.vii.-2.viii.2011, WT – PS, 1 spec.
Cerylon histerooides (Fabricius, 1792): 26.v.2011, 1 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – FS, 1 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, PT – HAB2, 1 spec.

CIIDAE

- Cis boleti* (Scopoli, 1763): 11.vii.-2.viii.2011, WT – AA, 1 spec.
Cis fagi Walzl, 1839: 2.viii.-4.ix.2011, WT – PA, 1 spec., P. Průdek det.
Cis glabratus Mellié, 1848: 10.x.2011, sifting of leaf litter, 1 spec., P. Průdek det.
Orthocis alni (Gyllenhal, 1813): 10.x.2011, sifting of leaf litter, 1 spec., P. Průdek det.

CLERIDAE

- Thanasimus formicarius* (Linnaeus, 1758): 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 13 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – AA, 1 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – PA, 14 spec.; 11.vii.2011, 1 spec.; 11.vii.-2.viii.2011, WT – PA, 3 spec.; 2.viii.-4.ix.2011, WT – AA, 1 spec.; 2.viii.-4.ix.2011, WT – PA, 2 spec.
Tillus elongatus (Linnaeus, 1758): 13.vii.2011, 1 spec.

COCCINELLIDAE

- Adalia bipunctata* (Linnaeus, 1758): 13.vii.2011, 1 spec.; 4.ix.-10.x.2011, WT – PS, 1 spec.
Aphidecta oblitterata (Linnaeus, 1758): 13.vii.2011, 1 spec.
Coccinella septempunctata Linnaeus, 1758: 11.vii.2011, 1 spec., 2.viii.-4.ix.2011, WT – AA, 2 spec.
Cynegetis impunctata (Linnaeus, 1767): 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 1 spec.
Myzia oblongoguttata (Linnaeus, 1758): 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 1 spec.

CRYPTOPHAGIDAE

- Micrambe abietis* (Paykull, 1798): 10.x.2011, sifting of leaf litter, 1 spec., P. Průdek det.
Pteryngium crenatum (Gyllenhal, 1808): 4.ix.2011, 3 spec., P. Průdek det.; 9.ix.2011, 1 spec., L. Koloničný coll., all spec. J. Vávra rev.

CUCUJIDAE

Leptophloeus alternans (Erichson, 1846): 27.vi.2011, 1 spec., J. Vávra leg.; 11.vii.-2.viii.2011, WT – PS, 1 spec.

CURCULIONIDAE

- Acalles fallax* Boheman, 1844: 13.vii.2011, beaten from fallen dead twigs of a European beech (*Fagus sylvatica*), 4 spec.; 4.ix.2011, beaten from fallen dead twigs of a European beech (*Fagus sylvatica*) and sifting of leaf litter, 3 spec., all spec. F. Trnka leg., det. et coll.; 9.ix.2011, 1 spec., R. Gabriš leg., det. et coll.
- Anthonomus rubi* (Herbst, 1795): 26.v.2011, swept, 1 spec.
- Hylobius abietis* (Linnaeus, 1758): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab3, 8 spec.; 26.v.-27.vi.2011, SPT – Hab3, 5 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab3, 2 spec.
- Hylobius pinastri* (Gyllenhal, 1813): 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab2, 1 spec., R. Stejskal det.
- Ips typographus* (Linnaeus, 1758): 2.viii.-4.ix.2011, WT – AA, 3 spec.; 2.viii.-4.ix.2011, WT – PA, 3 spec.; 4.ix.-10.x.2011, WT – PA, 1 spec.
- Liophloeus lentus* Germar, 1824: 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 1 spec.
- Liparus glabrirostris* Küster, 1849: 11.vii.2011, 1 spec.
- Magdalis nitida* (Gyllenhal, 1827): 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 1 spec.; 2.viii.-4.ix.2011, WT – PA, 1 spec.
- Onyxacalles pyrenaicus* (Boheman, 1844): 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab2, 1 spec., J. Kašák leg. et coll., F. Trnka det.
- Otiorhynchus coecus* Germar, 1824: 26.v.2011, swept, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – FS, 1 spec.; 11.vii.2011, 1 spec.; 13.vii.2011, 2 spec.; 4.ix.2011, sifting of leaf litter, 1 spec.
- Otiorhynchus equestris* (Richter, 1821): 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab1, 1 spec.
- Otiorhynchus lepidopterus* (Fabricius, 1794): 26.v.2011, swept, 1 spec.; 11.vii.2011, 1 spec.
- Otiorhynchus nodosus* (O. F. Müller, 1764): 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab3, 1 spec.; 9.ix.2011, 1 spec.
- Otiorhynchus scaber* (Linnaeus, 1758): 26.v.2011, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab2, 4 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab3, 5 spec.; 26.v.-27.vi.2011, SPT – Hab3, 2 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – FS, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 1 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – FS, 1 spec.; 11.vii.2011, 2 spec.; 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab2, 3 spec.; 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab3, 1 spec.; 2.viii.-4.ix.2011, WT – FS, 8 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab2, 8 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab3, 3 spec.; 4.ix.2011, sifting of leaf litter, 2 spec.; 9.ix.2011, 1 spec.; 4.ix.-10.x.2011, WT – AA, 1 spec.; 4.ix.-10.x.2011, WT – FS, 1 spec.; 4.ix.-10.x.2011, WT – PS, 1 spec.
- Otiorhynchus singularis* (Linnaeus, 1767): 11.vii.-2.viii.2011, WT – AA, 1 spec.; 9.ix.2011, 1 spec.
- Otiorhynchus subdentatus* Bach, 1854: 26.v.2011, swept, 2 spec.; 11.vii.2011, 3 spec., all spec. R. Stejskal det.
- Otiorhynchus tenebricosus* (Herbst, 1784): 26.v.2011, swept, 1 spec.
- Phyllobius arborator* (Herbst, 1797): 13.vii.2011, 1 spec., R. Stejskal det.
- Phyllobius glaucator* (Scopoli, 1763): 26.v.2011, beaten from shrubs, 3 spec.
- Phyllobius pomaceus* Gyllenhal, 1834: 26.v.2011, swept, 1 spec.
- Pityogenes bidentatus* (Herbst, 1784): 26.vi.-27.vi.2011, WT – AA, 3 spec.
- Polydrusus cervinus* (Linnaeus, 1758): 26.v.2011, beaten from shrubs, 1 spec., R. Stejskal det.
- Polydrusus impar* Des Gozis, 1882: 26.v.-27.vi.2011, WT – PS, 1 spec., R. Stejskal det.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – PS, 1 spec.; 13.vii.2011, 1 spec.; 27.vi.-2.viii.2011, WT – PS, 1 spec.
- Polydrusus pallidus* Gyllenhal, 1834: 11.vii.2011, 1 spec.; 13.vii.2011, 1 spec., R. Stejskal det.
- Polydrusus tereticollis* (De Geer, 1775): 26.v.2011, 1 spec.
- Rhinoncus pericarpus* (Linnaeus, 1758): 26.v.2011, swept, 1 spec., R. Stejskal det.
- Rhyncolus ater* (Linnaeus, 1758): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab3, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, SPT – Hab3, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – PS, 1 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – AA, 1 spec.; 11.vii.2011, 6 spec.; 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab2, 1 spec.; 27.vi.-2.viii.2011, SPT – Hab3, 1 spec.; 4.ix.2011, 3 spec., all spec. R. Stejskal det.
- Rhyncolus* cf. *sculpturatus* Walzl, 1839: 26.v.-27.vi.2011, WT – AA, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 2 spec.; 11.vii.2011, 3 spec., all spec. F. Trnka leg. et coll., R. Stejskal det.
- Rutera hypocrita* (Boheman, 1837): 27.vi.2011, 1 spec., on dead fallen trunk of European beech (*Fagus sylvatica*), J. Kašák leg., det. et coll.
- Scleropteridius fallax* Otto, 1897: 27.vi.-11.vii.2011, WT – FS, 1 spec.
- Simo hirticornis* (Herbst, 1795): 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab3, 2 spec.; 11.vii.2011, 1 spec.; 2.viii.-4.ix.2011, WT – FS, 1 spec.
- Strophosoma melanogrammum* (Forster, 1771): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab2, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab3, 2 spec.; 26.v.-27.vi.2011, SPT – Hab3, 3 spec.; 27.vi.-2.vii.2011, PT – Hab2, 1 spec.; 2.vii.-9.ix.2011, PT – Hab2, 2 spec.
- Trachodes hispidus* (Linnaeus, 1758): 13.vii.2011, 2 spec., F. Trnka leg., det. et coll.

Trypodendron lineatum (Olivier, 1795): 26.v.-27.vi.2011, WT – FS, 1 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – PA, 12 spec.; 11.vii.-2.viii.2011, WT – PA, 1 spec.; 2.viii.-4.ix.2011, WT – PA, 2 spec.; 4.ix.-10.x.2011, 5 spec.

DASYTIDAE

Aplocnemus nigricornis (Fabricius, 1792): 26.v.-27.vi.2011, WT – AA, 1 spec.; 11.vii.2011, beaten, 1 spec.
Dasytes obscurus Gyllenhal, 1813: 13.vii.2011, 1 spec.

DERMESTIDAE

Anthrenus fuscus Olivier, 1789: 2.viii.-4.ix.2011, WT – AA, 1 spec., J. Vávra rev.

ELATERIDAE

- Agriotes obscurus* (Linnaeus, 1758): 30.v.2012, 1 spec.
Ampedus aethiops (Lacordaire, 1835): 27.vi.-11.vii.2011, WT – PS, 1 spec.
Ampedus balteatus (Linnaeus, 1758): 26.v.-27.vi.2011, WT – PS, 5 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – PS, 12 spec.; 11.vii.2011, 2 spec.; 11.vii.-2.viii.2011, WT – PS, 2 spec., J. Vávra rev.; 2.viii.-4.ix.2011, WT – AA, 1 spec.
Ampedus erythrogonus (P. W. J. Müller, 1821): 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – PS, 1 spec., J. Vávra det.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – AA, 1 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – PA, 1 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – PS, 2 spec.; 11.vii.-2.viii.2011, WT – PA, 2 spec., J. Vávra rev.
Ampedus nigrinus (Herbst, 1784): 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 1 spec.; 2.viii.-4.ix.2011, WT – PA, 1 spec., all spec. J. Vávra det.
Athous subfuscus (O. F. Müller, 1767): 26.v.2011, 2 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – AA, 2 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – AA, 2 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – FS, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – PS, 1 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – PA, 1 spec.; 11.vii.2011, swept, 1 spec.; 11.vii.-2.viii.2011, WT – AA, 1 spec., J. Vávra rev.; 10.x.2011, sifting of leaf litter, 1 spec.
Athous zebei Bach, 1854: 26.v.2011, 2 spec., F. Trnka leg.; 26.v.-27.vi.2011, WT – FS, 1 spec., J. Kašák leg. et coll., J. Vávra rev.; 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 1 spec., J. Kašák leg.; 26.v.-27.vi.2011, WT – PS, 1 spec., J. Kašák leg.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – PA, 1 spec., F. Trnka leg.; 27.vi.-2.viii.2011, SPT – Hab3, 1 spec., J. Kašák leg., all spec. R. Gabriš det.
Cardiophorus ruficollis (Linnaeus, 1758): 26.v.-27.vi.2011, WT – PS, 1 spec.; 11.vii.-2.viii.2011, WT – PS, 2 spec., J. Vávra rev.
Ctenicera cuprea (Fabricius, 1781): 26.v.2011, 1 spec.
Ctenicera pectinicornis (Linnaeus, 1758): 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 1 spec.
Dalopius marginatus (Linnaeus, 1758): 26.v.2011, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – PS, 1 spec.; 13.vii.2011, 1 spec.
Danosoma fasciata (Linnaeus, 1758): 11.vii.2011, 1 spec., under bark of dead fallen Scots pine (*Pinus sylvestris*), R. Gabriš leg., det. et coll.
Boreo-montane species, living in old coniferous and mixed forests. Larvae live under bark and upper part of wood of fallen coniferous trees. In CR it is present only locally and is becoming rare (Laibner 2000; Boháč & Matějčík 2004). Historically, this click beetle was recorded from more localities of the Hrubý Jeseník Mts.: Červená hora Mt., Karlova Studánka, Praděd Mt., Vernířovice, Vidly etc. (Kelch 1846, Gerhardt 1910). Discovery of *Danosoma fasciata* in the Borek u Domašova NR is first published information of the occurrence after more than 100 years in Hrubý Jeseník Mts.
Denticollis linearis (Linnaeus, 1758): 26.v.-27.vi.2011, WT – FS, 2 spec., J. Vávra det.
Denticollis rubens Piller et Mitterpacher, 1783: 30.v.2012, 1 spec., R. Gabriš leg., det. et coll.
Diacanthous undulatus (De Geer, 1774): 10.x.2011, 4 larvae and elytrae of adult under bark of dead fallen trunk of Norway spruce (*Picea abies*), J. Kašák observ. et det.
Boreo-montane species, larvae develop under the bark or in upper layers of dead wood, mainly in coniferous trees. The species is local and rare in the CR (Laibner 2000). There are only few recent records of this click-beetle from Hrubý Jeseník Mts.: Praděd (Vávra 2003), Vidly (Kašák & Gabriš 2011).
Limonium aeneoniger (De Geer, 1774): 26.v.2011, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – AA, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 3 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – PS, 1 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – PS, 1 spec.
Melanotus castanipes (Paykull, 1800): 26.v.-27.vi.2011, WT – FS, 9 spec.; 11.vii.-2.viii.2011, WT – AA, 1 spec., all spec. T. Sitek det.

ENDOMYCHIDAE

Endomychus coccineus (Linnaeus, 1758): 26.v.2011, on dead fallen trunk of European beech (*Fagus sylvatica*) with fungi, 1 spec., R. Gabriš leg., det. et coll.; 11.vii.2011, on dead fallen trunk of European beech (*Fagus sylvatica*) with fungi, 1 spec., F. Trnka leg., det. et coll.

Mycetina cruciata (Schaller, 1783): 26.v.2011, 1 spec.; 2.viii.-4.ix.2011, WT – AA, 1 spec.

EUCNEMIDAE

Hylis foveicollis (C. G. Thomson, 1874): 2.viii.-4.ix.2011, WT – AA, 1 spec., F. Trnka leg., R. Gabriš det., J. Vávra rev., J. Kašák coll.

Species occurring mainly in mountain regions of Central and Northern Europe. It inhabits forests with natural character. Development in dead wood of various deciduous trees in certain stage of decomposition (Burakowski et al. 2000).

GEOTRUPIDAE

Anoplotrupes stercorosus (Hartmann in L. G. Scriba, 1791): 10.v.-26.v.2011, PT – Hab2, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab2, 14 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab3, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, SPT – Hab3, 1 spec.; 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab2, 9 spec.; 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab3, 1 spec.; 27.vi.-2.viii.2011, SPT – Hab3, 2 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab2, 5 spec., 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab3, 1 spec.

HISTERIDAE

Margarinotus striola succicola (C. G. Thomson, 1882): 26.v.-27.vi.2011, WT – AA, 1 spec., J. Vávra det.
Plegaderus vulneratus (Panzer, 1792): 2.viii.-4.ix.2011, WT – PA, 1 spec., J. Vávra rev.

CHRYSOMELIDAE

Asioreestia femorata (Gyllenhal, 1813): 30.v.2012, 1 spec.
Gastrophysa viridula (De Geer, 1775): 26.v.2011, 1 spec.
Gonioctena viminalis (Linnaeus, 1758): 13.vii.2011, 1 spec.
Gonioctena quinquepunctata (Fabricius, 1787): 11.vii.2011, 2 spec., J. Pelikán det.
Hydrothassa marginella (Linnaeus, 1758): 26.v.2011, 1 spec.
Longitarsus suturellus (Duftschmid, 1825): 26.v.2011, 1 spec., P. Boža det.
Oulema gallaeciana (Heyden, 1870): 26.v.2011, 1 spec.
Plateumaris consimilis (Schrank, 1781): 30.v.2012, 1 spec.
Psylliodes napi (Fabricius, 1792): 4.ix.2011, 1 spec., P. Boža det.
Sclerophaedon carniolicus (Germar, 1824): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 1 spec., J. Stanovský det.
Sphaeroderma testaceum (Fabricius, 1775): 11.vii.2011, 1 spec., P. Boža det.
Timarcha metallica (Laicharting, 1781): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab3, 1 spec., J. Kašák leg. et coll., F. Trnka det.; 26.v.-27.vi.2011, SPT – Hab3, 1 spec., J. Kašák leg. et coll., F. Trnka det.; 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab1, 1 spec., J. Kašák leg. et coll., J. Stanovský det.; 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab3, 1 spec., J. Kašák leg. et coll., J. Stanovský det.

LAGRIIDAE

Lagria hirta (Linnaeus, 1758): 11.vii.2011, 2 spec.

LATRIDIIDAE

Aridius nodifer (Westwood, 1839): 2.viii.-4.ix.2011, WT – PA, 1 spec.; 4.ix.-10.x.2011, WT – PS, 1 spec.
Dienerella vincenti Johnson, 2007: 10.x.2011, sifting of leaf litter, 1 spec., P. Průdek det.
Enicmus rugosus (Herbst, 1793): 11.vii.-2.viii.2011, WT – PA, 1 spec., P. Průdek det.
Latridius hirtus Gyllenhal, 1827: 2.viii.-4.9.2011, WT – PA, 1 spec.
Stephostethus alternans (Mannerheim, 1844): 26.v.2011, beaten, 1 spec.; 4.ix.2011, 2 spec., P. Průdek det.; 10.x.2011, sifting from leaf litter, 1 spec., P. Průdek det.
Stephostethus rugicollis (Olivier, 1790): 27.vi.-11.vii.2011, WT – PA, 1 spec.

LEIODIDAE

Anisotoma castanea (Herbst, 1791): 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 1 spec.; 27.vi.2011, 1 spec.; 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab2, 1 spec.; 11.vii.-2.viii.2011, WT – FS, 1 spec.; 11.vii.-2.viii.2011, WT – PA, 1 spec., all spec. J. Vávra det.
Anisotoma humeralis (Fabricius, 1792): 27.vi.2011, 1 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – FS, 1 spec., all spec. J. Vávra det.
Catops fuliginosus Erichson, 1837: 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab2, 1 spec., J. Vávra det.
Catops kirbyi (Spence, 1815): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 1 spec., J. Vávra det.

- Catops nigrita* (Erichson, 1837): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab2, 2 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab3, 3 spec.; 26.v.-27.vi.2011, SPT – Hab3, 1 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab2, 1 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab3, 1 spec., all spec. J. Vávra det.
- Catops subfuscus* Kellner, 1846: 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab2, 4 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab3, 4 spec.; 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab1, 1 spec.; 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab2, 1 spec.; 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab3, 2 spec., all spec. J. Vávra det.
- Catops tristis* (Panzer, 1794): 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab2, 1 spec., J. Vávra det.
- Sciodrepoides watsoni* (Spence, 1815): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab3, 19 spec.; 26.v.-27.vi.2011, SPT – Hab3, 1 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, SPT – Hab3, 1 spec., all spec. J. Vávra det.

LUCANIDAE

- Ceruchus chrysomelinus* (Hochenwarth, 1785): 26.v.2011, in rotten wood of fallen Silver fir (*Abies alba*), 13 spec., observ. et det. J. Kašák; 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 1 spec., J. Kašák, leg., det. et coll.; 13.vii.2011, at night on dead Silver fir (*Abies alba*), 1 spec., J. Kašák, observ. et det.
- Boreo-montane species occurring throughout the Europe. Larvae develop in rotten wood of firs (*Abies alba*), spruces (*Picea abies*) and rarely also in other tree species (Balthasar 1956). In the CR it lives mainly in higher mountains, but locally. From Hrubý Jeseník Mts. was presented in past from Karlova Studánka and massif of Praděd Mt. (Reitter 1870, Gerhardt 1910). From Hrubý Jeseník it is known recently only from Borek u Domašova (Kašák & Gabriš 2011), Kouty nad Desnou - 4.x.2012, 2 spec., in fallen trunk of alder (*Alnus* sp.), V. Slezák observ. and the Skalní potok NR - 1.xii.2012, 5 spec. in fallen trunks of Silver fir (*Abies alba*) and Norway spruce (*Picea abies*), J. Kašák observ.
- Sinodendron cylindricum* (Linnaeus, 1758): 26.v.2011, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – FS, 17 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – FS, 17 spec.; 11.vii.2011, 1 spec.

LYCIDAE

- Lygistopterus sanguineus* (Linnaeus, 1758): 11.vii.2011, 8 spec.
- Platycis minutus* (Fabricius, 1787): 2.viii.2011, 4 spec.
- Pyropterus nigroruber* (De Geer, 1774): 11.vii.2011, 1 spec.; 13.vii.2011, beaten from branches of dead fallen European beech (*Fagus sylvatica*), 2 spec.

LYMEXYLIDAE

- Elateroides flabellicornis* (Schneider, 1791): 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 6 spec., J. Kašák leg. et coll., J. Vávra det.
- The taxonomic status of this species has been not reliably solved. Species is characterized as a relict of taiga fauna. It occurs very sporadically throughout Central Europe. Larvae develop mainly in Norway spruce (*Picea abies*) and Silver fir (*Abies alba*). Recently, the species is known in CR only from few localities, mainly in the Moravskoslezské Beskydy Mts. (Kolibáč et al. 1983; Vávra 2005). Single record is from Služovice near Opava (Kolibáč et al. 1983) and the Sklenařovické údolí Natural Monument in the Giant Mts. (Kopecký & Mikát 2012). This record is first published evidence of occurrence in the Hrubý Jeseník Mts.
- Elateroides dermestoides* (Linnaeus, 1761): 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 1 spec., J. Vávra det.

MELANDRYIDAE

- Hallomenus binotatus* (Quensel, 1790): 11.vii.-2.vii.2011, WT – PA, 1 spec.; 2.vii.-4.ix.2011, WT – AA, 1 spec.; 2.vii.-4.ix.2011, WT – PA, 1 spec.
- Melandrya barbata* (Fabricius, 1792): 26.v.-27.vi.2011, WT – FS, 1 spec., J. Kašák leg., det. et coll., J. Vávra rev.
- In Central Europe rare species (Kubisz et al. 2010) usually lives in natural rich forest (Jelínek 1996). Larvae develop in dead wood of beeches (*Fagus* sp.) and other deciduous trees (Burakowski et al. 1987). This record is first published evidence of occurrence in the Hrubý Jeseník Mts.
- Orchesia minor* Walker, 1837: 11.vii.2011, beaten from branches of dead fallen European beech (*Fagus sylvatica*), 1 spec., O. Konvička det.; 4.ix.2011, 1 spec.
- Orchesia undulata* Kraatz, 1853: 26.v.2011, beaten from branches of dead fallen European beech (*Fagus sylvatica*), 3 spec., all spec. O. Konvička rev.; 13.vii.2011, beaten from branches of dead fallen European beech (*Fagus sylvatica*), 2 spec.
- Phloiotrya rufipes* (Gyllenhal, 1810): 13.vii.2011, beaten from branches of dead fallen European beech (*Fagus sylvatica*), 2 spec.

Serropalpus barbatus (Schaller, 1783): 26.v.-27.vi.2011, WT – FS, 1 spec., J. Kašák leg. et coll., R. Gabriš det., J. Vávra rev.

RHIZOPHAGIDAE

Rhizophagus bipustulatus (Fabricius, 1792): 27.vi.-11.vii.2011, WT – PA, 4 spec.

Rhizophagus dispar (Paykull, 1800): 26.v.-27.vi.2011, PTF – Hab3, 2 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – FS, 1 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – PA, 3 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – PS, 1 spec.; 2.viii.-4.ix.2011, WT – PA, 1 spec.

Rhizophagus ferrugineus (Paykull, 1800): 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – PS, 1 spec.

Rhizophagus nitidulus (Fabricius, 1798): 26.v.-27.vi.2011, WT – FS, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 9 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – PA, 3 spec.; 11.vii.-2.viii.2011, WT – PA, 2 spec.

Rhizophagus perforatus Erichson, 1845: 26.v.2011, 1 spec.

MYCETOPHAGIDAE

Mycetophagus atomarius (Fabricius, 1787): 26.v.-27.vi.2011, WT – FS, 1 spec.; 2.viii.-4.ix.2011, WT – FS, 3 spec., all spec. J. Vávra rev.

NITIDULIDAE

Cychramus variegatus (Herbst, 1792): 26.v.2011, 2 spec.; 2.viii.-4.ix.2011, WT – FS, 4 spec.; 4.ix.2011, 2 spec.

Eपुरaea angustula Sturm, 1844: 2.viii.-4.ix.2011, WT – AA, 1 spec., J. Jelínek det.

Eपुरaea laeviuscula (Gyllenhal, 1827): 11.vii.-2.viii.2011, WT – PA, 2 spec.; 2.viii.-4.ix.2011, WT – PA, 2 spec., all spec. J. Kašák leg. et coll., J. Jelínek det.

Eपुरaea marseuli Reitter, 1872: 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 5 spec.; 11.vii.-2.viii.2011, WT – PA, 8 spec.; 2.viii.-4.ix.2011, WT – PA, 1 spec., all spec. J. Jelínek det.

Eपुरaea pallescens (Stephens, 1830): 27.vi.-11.vii.2011, WT – PS, 1 spec., J. Jelínek det.

Eपुरaea pygmaea (Gyllenhal, 1808): 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 1 spec.; 11.vii.-2.viii.2011, WT – PA, 1 spec.; 2.viii.-4.ix.2011, WT – PA, 2 spec., all spec. J. Jelínek det.

Eपुरaea thoracica Tournier, 1872: 11.vii.-2.viii.2011, WT – PA, 1 spec., J. Jelínek det.

Eपुरaea variegata (Herbst, 1793): 13.vii.2011, 1 spec., J. Jelínek det.

Meligethes aeneus (Fabricius, 1775): 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 1 spec., J. Jelínek det.

Pityophagus ferrugineus (Linnaeus, 1761): 26.v.-27.vi.2011, SPT – Hab3, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 3 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – PA, 3 spec.

Pocadius ferrugineus (Fabricius, 1775): 26.v.2011, 1 spec.

PYROCHROIDAE

Pyrochroa coccinea (Linnaeus, 1761): 26.v.2011, 2 spec., observ.

Schizotus pectinicornis (Linnaeus, 1758): 30.v.2012, 1 spec.

SALPINGIDAE

Salpingus ruficollis (Linnaeus, 1761): 2.viii.-4.ix.2011, WT – PA, 1 spec.; 11.vii.2011, 1 spec.

SCARABAEIDAE

Aphodius depressus (Kugelann, 1792): 30.v.2012, 1 spec.

Trichius fasciatus (Linnaeus, 1758): 11.vii.2011, on flower of family Apiaceae, 1 spec. F. Trnka leg., det. et coll.

SILPHIDAE

Nicrophorus investigator Zetterstedt, 1824: 2.viii.-4.ix.2011, WT – AA, 6 spec.

Nicrophorus vespilloides Herbst, 1784: 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab2, 64 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab3, 53 spec.; 27.vi.-2.viii.2011, PT – Hab3, 14 spec.; 27.vi.-2.viii.2011, SPT – Hab3, 1 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab1, 2 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab2, 1 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab3, 1 spec.

Oiceoptoma thoracicum (Linnaeus, 1758): 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab1, 2 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab2, 1 spec.

Phosphuga atrata (Linnaeus, 1758): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 4 spec.

SILVANIDAE

Dendrophagus crenatus (Paykull, 1799): 27.vi.-11.vii.2011, WT – AA, 1 spec., F. Trnka leg., det. et coll.

Rare boreo-montane species, lives under the loose bark of dead coniferous trees (Burakowski et al. 1986). In the CR it occurs mainly in Moravian mountains (Mertlik 2011). Species was historically recorded in the Hrubý Jeseník Mts. in Karlova Studánka (Letzner 1871; Gerhardt 1910), recently discovered in the Jelení Bučina NR (2009, J. Vávra observ.), Malé Bradlo Mt., Praděd Mt., Skalní potok NR and Suchý vrch NR (all 2012, J. Kašák observ.).

SPHAERITIDAE

Sphaerites glabratus (Fabricius, 1773): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 1 spec., J. Vávra rev.

STAPHYLINIDAE

Acrulia inflata (Gyllenhal, 1813): 10.v.2011, on fungi, 2 spec.

Atheta britanniae Bernhauer et Scheerpeltz, 1926: 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab2, 4 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab3, 7 spec.; 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab2, 1 spec., all spec. M. Mantič det.

Atheta crassicornis (Fabricius, 1792): 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab2, 1 spec., M. Mantič det.

Atrecus affinis (Paykull, 1789): 27.vi.-11.vii.2011, WT – FS, 1 spec.

Atrecus longiceps (Fauvel, 1873): 11.v.2011, 1 spec.; 30.v.2012 1 spec., all spec. R. Gabriš leg., det. et coll.

Rare montane species living under a bark of dead coniferous trees (Smetana 1958) in the Hrubý Jeseník Mts. known from Kouty nad Desnou (Vávra 2003), historical data from the Praděd Mt. (Gerhardt 1910).

Bisnius fimetarius (Gravenhorst, 1802): 2.viii.-9.ix.2011, PT – Hab1, 1 spec., M. Mantič det.

Bryaxis nodicornis (Aubé, 1833): 30.v.2012, sifted base of dead European beech (*Fagus sylvatica*), 10 spec.

Dinothenarus fossor (Scopoli, 1772): 27.vi.-2.vii.2011, PT – Hab3, 1 spec., M. Mantič det.

Eusphalerum signatum (Märkel, 1857): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab3, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – PS, 1 spec., all spec. M. Mantič det.

Geostiba circellaris (Gravenhorst, 1806): 11.v.2011, 1 spec., M. Mantič det.

Leptusa fumida (Erichson, 1839): 26.v.2011, 1 spec., M. Mantič det.

Lesteva longoelytrata (Goeze, 1777): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 4 spec.; 10.x.2011, sifting of leaf litter, 6 spec., all spec. M. Mantič det.

Lesteva monticola Kiesenwetter, 1847: 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 4 spec., J. Kašák leg. et coll., M. Mantič det.

Lordithon lunulatus (Linnaeus, 1761): 26.v.-27.vi.2011, WT – FS, 4 spec.

Lordithon thoracicus (Fabricius, 1776): 2.vii.-9.ix.2011, PT – Hab1, 1 spec., M. Mantič det.

Megarthus nitidulus Kraatz, 1858: 2.vii.-9.ix.2011, PT – Hab1, 1 spec., M. Mantič det.

Mniusa incrassata (Mulsant et Rey, 1851): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab3, 1 spec., J. Kašák leg. et coll., M. Mantič det.

Nudobius lentus (Gravenhorst, 1806): 9.ix.-10.x.2011, WT – PA, 2 spec.

Omalium caesum Gravenhorst, 1806: 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 1 spec.; 2.vii.-9.ix.2011, PT – Hab3, 1 spec., all spec. M. Mantič det.

Omalium rivulare (Paykull, 1789): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 2 spec.; 2.vii.-9.ix.2011, PT – Hab1, 1 spec., all spec. M. Mantič det.

Omalium rugatum Mulsant et Rey, 1880: 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 1 spec., J. Kašák leg. et coll., M. Mantič det.

Oxypoda formosa Kraatz, 1856: 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 3 spec., M. Mantič det.

Oxypoda opaca (Gravenhorst, 1802): 10.x.2011, sifting of leaf litter, 1 spec., M. Mantič det.

Parabolitobius inclinans (Gravenhorst, 1806): 26.v.2011, 1 spec., M. Mantič det.

Philonthus decorus (Gravenhorst, 1802): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 6 spec.; 2.vii.-9.ix.2011, PT – Hab1, 3 spec., all spec. M. Mantič det.

Phloenomus pusillus (Gravenhorst, 1806): 27.vi.-11.vii.2011, WT – PA, 1 spec.

Phyllodrepa melanocephala (Fabricius, 1787): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab2, 5 spec.

Plectrophloeus fischeri (Aubé, 1833): 26.v.2011, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – FS, 1 spec.; 26.v.-27.vi.2011, WT – PS, 8 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – PA, 1 spec.; 11.vii.-2.viii.2011, WT – PS, 30 spec.

Pselaphus heisei Herbst, 1792: 11.vii.2011, sifting of leaf litter, 1 spec.

Proteinus atomarius Erichson, 1840: 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 2 spec.; 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab3, 3 spec., all spec. M. Mantič det.

Quedius limbatus Heer, 1839: 26.v.-27.vi.2011, WT – AA, 1 spec.

Quedius mesomelinus (Marsham, 1802): 10.x.2011, sifted and individually collected, 5 spec., M. Mantič det.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – FS, 1 spec.; 11.vii.2011, 1 spec.; 2.viii.-4.ix.2011, WT – FS, 1 spec.; 4.ix.-10.x.2011, WT – PS, 1 spec.

Quedius plagiatus Mannerheim, 1843: 11.vii.2011, 2 spec.
Quedius umbrinus Erichson, 1839: 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 2 spec., M. Mantič det.
Rugilus rufipes Germar, 1836: 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 1 spec.
Scaphidium quadrimaculatum Olivier, 1790: 10.v.2011, beaten, 1 spec.; 9.ix.2011, 2 spec.
Scaphisoma agaricinum (Linnaeus, 1758): 22.vi.-11.vii.2011, WT – FS, 1 spec.
Scopaeus sulcicollis (Stephens, 1833): 11.vii.2011, 1 spec., M. Mantič det.
Staphylinus erythropterus Linnaeus, 1758: 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 4 spec., M. Mantič det.
Stenus glacialis Heer, 1838: 11.vii.2011, 1 spec., M. Mantič det. et coll.
Tachinus laticollis Gravenhorst, 1802: 2.vii.-9.ix.2011, PT – Hab1, 1 spec., M. Mantič det.
Tachinus pallipes (Gravenhorst, 1806): 2.vii.-9.ix.2011, PT – Hab2, 1 spec., M. Mantič det.
Tachinus signatus (Gravenhorst, 1802): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab1, 1 spec., M. Mantič det.
Tyrus mucronatus (Panzer, 1805): 27.vi.-11.vii.2011, 1 spec.
Xantholinus tricolor (Fabricius, 1787): 26.v.-27.vi.2011, PT – Hab3, 3 spec., M. Mantič det.

TENEBRIONIDAE

Bolitophagus reticulatus (Linnaeus, 1767): 11.vii.2011, 1 spec.
Corticeus unicolor Piller et Mitterpacher, 1783: 11.vii.2011, 1 spec.
Scaphidema metallicum (Fabricius, 1792): 13.vii.2011, 1 spec.

TETRATOMIDAE

Tetratoma ancora Fabricius, 1790: 11.vii.-2.vii.2011, WT – FS, 2 spec.; 2.vii.-4.ix.2011, WT – FS, 1 spec.

THROSCIDAE

Trixagus carinifrons (Bonvouloir, 1859): 13.vii.2011, 1 spec.

TROGOSSITIDAE

Nemozoma elongatum (Linnaeus, 1761): 26.v.-27.vi.2011, WT – PS, 1 spec.; 27.vi.-11.vii.2011, WT – PA, 1 spec.
Ostoma ferruginea (Linnaeus, 1758): 26.v.2011, on fungi on Silver fir (*Abies alba*), 6 spec.; 11.vii.2011, 2 spec.; 10.x.2011, 1 spec.
Thymalus limbatus (Fabricius, 1787): 26.v.-27.vi.2011, WT – PA, 1 spec.; 11.vii.2011, 2 spec.; 13.vii.2011, at night on fungi on Silver fir (*Abies alba*), 2 spec.

Faunistic evaluation

The fauna of beetles of the Hrubý Jeseník Mts. has not been completely elaborated yet, nevertheless, it is very diversified with more than 750 species recorded in the most valuable area of the Hrubý Jeseník Mts. – the Praděd Mt. and its environs (Vávra 2003). Only 257 species of beetles were recorded during our entomological survey. Lower number can be explained due to the absence of open habitats (meadows, pastures, subalpine tundra etc.). Alike, in the highest parts of the mountain range, including the top of Praděd Mt., we found the following boreo-montane and relict saproxylic species also in the Borek u Domašova NR: *Dendrophagus crenatus* and *Diacanthous undulatus*. Among the most significant faunistic findings belongs especially the first published information of occurrence in the Hrubý Jeseník Mts.: a) to date *Elateroides flabellicornis* and *Melandrya barbata* and b) after more than 100 years - *Curimus erichsoni* and *Danosoma fasciata*.

Conservation evaluation

The community structure of beetles corresponds to the habitat heterogeneity of the natural (or seminatural) mountain forest. The composition of species varies with different ecological conditions in accordance with demand of each group of guild. From nature-conservation point of view, the most valuable are assemblages of saproxylic beetles depending upon old-growth

forest habitat (*Ceruchus chrysomelinus*, *Curimus erichsoni*, *Danosoma fasciata*, *Dendrophagus crenatus*, *Hylis foveicollis*, *Elateroides flabellicornis* and *Melandrya barbata*). The occurrence of these bioindicators confirms a spatial and time continuity of suitable habitat in the area of interest.

Protection of the area

Recently, the Borek u Domašova NR is protected by passive management. According to natural dynamics of the dominant habitat in the study area, we can evaluate this approach as an appropriate one. By contrast, forestry (especially the removing of overaged and dead trees) is undesirable. Another risk for specialized species is the small area of present-day NR which is surrounded by production forest. Therefore, a nature friendly solution consists of the enlargement of the special protected area. A suitable area for this purpose is the environs of the Zaječí potok brook with the population of *Carabus variolosus*, species under the protection of the Natura 2000 network. The real risk for the population of the specialized saproxylic beetles as lucanid *Ceruchus chrysomelinus* is represented by a sudden dying of firs (*Abies alba*). Therefore, we recommend a management measure based on a suitable support of firs (planting and protecting seedlings from a damage caused by deer).

Conclusion

Altogether 257 species of beetles were found during the entomological survey, including 25 species from the Red List (Farkač et al. 2005). The most valuable are assemblages of saproxylic beetles that include many bioindicatively important taxa related to old-growth mountain forest habitat as *Ceruchus chrysomelinus*, *Curimus erichsoni*, *Danosoma fasciata*, *Dendrophagus crenatus*, *Diacanthous undulatus*, *Elateroides flabellicornis*, *Hylis foveicollis* and *Melandrya barbata*. The presence of these beetles documents the continuity of suitable habitat in the locality. On the basis of aforementioned results, we can close: the Borek u Domašova NR is the area of high value from the coleopterological point of view, in the frame of the whole Hrubý Jeseník Mts. On the other hand, it is necessary to note, that some relict species, historically recorded from study area or its surrounding, we didn't find. Unfortunately these species are not recently known from whole of the Hrubý Jeseník Mts. For the successful protection of the populations of threatened species in the Borek u Domašova NR we recommend: not removing fallen and dead trees, enlarging the protected area and increasing the proportion of fir trees (*Abies alba*) by planting and protecting seedlings from a damage caused by deer.

Acknowledgement: Special thanks to administration of Jeseníky Protected Landscape Area for agreement of collecting permits, for determination to M. Boukal (Pardubice), P. Boža (Olomouc), J. Jelínek (Praha), L. Koloničný (Ostrava), O. Konvička (Zlín), M. Mantič (Hlučín-Bobrovniky), J. Pelikán (Hradec Králové), P. Průdek (Brno), T. Sitek (Ostrava), R. Stejskal (Znojmo), J. Stanovský (Ostrava), J. Vávra (Ostrava), for map creation to R. Stejskal, for providing information to V. Slezák (Jeseník) and for revision and consultation to J. Vávra. Last but not least, we thank to Monika Mazalová (Olomouc) and Lorraine Vítámvásová (Šternberk) for their revision of language.

References

- Benedikt S., Borovec R., Fremuth J., Krátký J., Schön K., Skuhrovec J. & Trýzna M. (2010): Komentovaný seznam nosatcovitých brouků (Coleoptera: Curculionoidea bez Scolytinae a Platypodinae) České republiky a Slovenska. 1. díl. Systematika, faunistika, historie výzkumu nosatcovitých brouků v České republice a na Slovensku, nástin skladby, seznam. Komentáře k Anthribidae, Rhynchitidae, Attelabidae, Nanophyidae, Brachyceridae, Dryophthoridae, Erihynidae a Curculionidae: Curculioninae, Bagoinae, Baridinae, Ceutorhynchinae, Conoderinae, Hyperinae. [Annotated checklist of weevils (Coleoptera: Curculionoidea excepting Scolytinae and Platypodinae) of the Czech Republic and Slovakia. Part 1. Systematics, faunistics, history of research on weevils in the Czech Republic and Slovakia, structure outline, checklist. Comments on Anthribidae, Rhynchitidae, Attelabidae, Nanophyidae, Brachyceridae, Dryophthoridae, Erihynidae and Curculionidae: Curculioninae, Bagoinae, Baridinae, Ceutorhynchinae, Conoderinae, Hyperinae]. Klapalekiana Supplementum 46: 1-363.
- Balthasar V. (1956): Brouci listoroží – Lamellicornia. Díl I. Pleurostici. Fauna ČSR 8. 288 pp., NČSAV, Praha.
- Boháč J. & Matějčíček J. (2004): Inventarizační průzkum brouků (Coleoptera) na monitorovacích plochách v lesích Boubínského masivu z hlediska dalšího monitorování stavu biotopů [Beetle assemblages on the

- monitoring plots of the Boubín massive in the Bohemian Forest and perspectives of long term monitoring of biotopes state]. In Dvořák L. & Šustr P. (eds.): Aktuality šumavského výzkumu II. Sborník z konference, pp. 212-217, Správa NP a CHKO Šumava, Vimperk.
- Boháč J., Matějčík J. & Rous R. (2007): Check-list of the staphylinid beetles (Coleoptera, Staphylinidae) of the Czech Republic and the division of species according to their ecological characteristics and sensitivity to human influence. – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 56: 227-276.
- Burakowski B., Mroczkowski M. & Stefańska J. (1986): Kat. Fauny Pol. Część XXIII, Tom 12. Chrząszcze Coleoptera, Cucujoidea, cz. 1. 266 pp., PWN, Warszawa.
- (1987): Kat. Fauny Pol. Część XXIII, Tom 14. Chrząszcze Coleoptera, Cucujoidea, cz. 3. 309 pp., PWN, Warszawa.
- (2000): Katalog fauny Polski. Część XXIII, Tom 22. Chrząszcze Coleoptera, Uzupełnienia tomów 2-21. MiIZ PAN, Warszawa. 252 pp.
- Cuccodoro G. (2007): Lymexyloidea, pp. 362-363. In Löbl I. & Smetana A. (eds): Catalogue of palaearctic Coleoptera, Vol. 4: Elateroidea – Derodontoidea – Bostrichoidea – Lymexyloidea – Cleroidea – Cucujoidea. 935 pp., Apollo Books, Stenstrup.
- Farkač J., Král D. & Škorpík M. (2005): Červený seznam ohrožených druhů České republiky – Bezobratlí (Red list of threatened species in the Czech Republic – Invertebrates). 760 pp., AOPK, Praha.
- Gabriel C. (1903): Das Häutchen am Halsschild der Gattung Lathridius. – Zeitschr. Entomol. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 28: 17-20.
- Gerhardt J. (1890): Fortsetzung des K. Letznerschen Verzeichnisses der Käfer Schlesiens. – Zeitschr. Entomol. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 15: 285-348.
- (1891): Fortsetzung und Schluss des K. Letznerschen Verzeichnisses der Käfer Schlesiens. – Zeitschr. Entomol. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 16: 349-433.
- (1900a): Neue Fundorte seltenerer schlesischer Käfer aus dem Jahre 1899 und Bemerkungen. – Zeitschr. Entomol. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 25: 1-9.
- (1900b): Neuheiten der schlesischen Käferfauna aus dem Jahre 1899. – Zeitschr. Entomol. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 25: 15-18.
- (1902): Neue Fundorte seltenerer schlesischer Käfer aus dem Jahre 1901. – Zeitschr. Entomol. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 27: 9-19.
- (1903): Neue Fundorte seltenerer schlesischer Käfer aus dem Jahre 1902 nebst Bemerkungen. – Zeitschr. Entomol. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 28: 1-9.
- (1906): Eine neue Homalotide *Atheta silesiaca* n. sp. – Zeitschr. Entomol. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 31: 10-12.
- (1910): Verzeichnis der Käfer Schlesiens. 431 pp., Verlag von Julius Springer, Berlin.
- Chytrý M., Kučera T. & Kočí M. (eds.) (2001): Katalog biotopů České republiky (Habitat Catalogue of the Czech Republic). 304 pp., AOPK, Praha.
- Jelínek J. (1993): Seznam československých brouků. Check-list of Czechoslovak Insects IV (Coleoptera). – Fol. Heyr. Supplementum, 1: 1-172.
- Jelínek J. (1996): Coleoptera: Tenebrionoidea 2 (Melandryidae, Rhipiphoridae, Pyrochroidae and Salpingidae), pp. 527-530. In Rozkošný R. & Vaňhara J. (eds.): Terrestrial invertebrates of the Pálava Biosphere Reserve of UNESCO III. – Folia. Fac. Sci. Nat. Univ. Masarykianae Brunensis, Biologia, 94: 409-630.
- Kašák J. & Gabriš R. (2011): Nálezy ekofaunisticky významných druhů brouků (Coleoptera) na Jesenícku (severní Morava, Česká republika). – Acta. Muz. Beskid., 3: 187-192.
- Kelch A. (1846): Zu der öffentlichen Prüfung aller Classen des Königlich Gymnasiums zu Ratibor den 4. Und 7. April, und dem mit Entlassung der Abiturienten verbundenen Redactus den 20. April laben ergebet ein Director und Lehrer Collegium. 54 pp., Ratibor.
- Kolibáč J., Orszulik K. & Stanovský J. (1983): Další nálezy *Hylocoetus flabellicornis* Schneid. z ČSSR (Lymexylonidae, Col.). – Entomol. zprav., Ostrava, 13: 41-42.
- Kopecký T. & Mikát M. (2012): Record of two boreal beetle species – *Micrambe* (Micrambe) *longitarsis* (Coleoptera: Cryptophagidae) and *Elateroides flabellicornis* (Coleoptera: Lymexylonidae) in the Giant Mts. – Opera Corcontica. 49: 215-218.
- Kubisz D., Ruta R., Jałoszyński P., Konwerski S. & Królik R. (2010): A faunistic review of beetle families Tetratomidae and Melandryidae (Coleoptera: Tenebrionoidea) of Poland. – Pol. Jour. of Ent., 79: 107-138.
- Laibner (2000): Elateridae of the Czech and Slovak Republics (in Czech and English). 292 pp., Kabourek, Zlín.
- Letzner K. – (1849-1852): Systematische Beschreibung der Laufkäfer Schlesiens. – Zeitschr. Entomol., 3(1849): 1-72, 4(1850): 73-112, 5(1851): 113-186, 6(1852): 187-292.
- (1871): Verzeichniss der Käfer Schlesiens. – Zeitschr. Entomol. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 2: 1-328..
- (1885): Verzeichniss der Käfer Schlesiens. – Zeitschr. Entomol. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 11: 69-148.

- (1888-1889): Verzeichniss der Käfer Schlesiens. – Zeitschr. Entomol. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 13(1888a): 181-236, 14 (1889): 237-284.
- Malec B. (1976): Tesaříkovití v Chráněné krajinné oblasti Jeseníky (Cerambycidae, Coleoptera). – Zpr. Čs. Spol. Entomol., 12: 93-97.
- Mazalová M., Kašák J. & Kuras T. (2012): Annotated entomological bibliography of the Praděd National Nature Reserve (Hrubý Jeseník Mts.). – Čas. Slez. Muz. Opava (A), 61: 23-42.
- Mertlik J. (2011): Faunistic grid mapping of several saproxylic beetles on territory Czech republic and Slovakia. Permanent electronic publication available from: <http://www.elateridae.com/page.php?idcl=173>
- Mroczkowski M. (1958): Otrupkowate - Byrrhidae, Nosodendridae. Klucze do oznaczania owadów Polski. Część. 19. Chraszcze – Coleoptera. Zeszyt 50-51. 30 pp., PWN, Warszawa.
- Reitter E. (1870): Übersicht der Käfer-Fauna von Mähren und Schlesien. – Verhandl. Naturforsch. Ver. Brünn, 8 (2) (1869): i-vii + 1-195.
- Roger J. (1856): Verzeichniß der bisher im Oberschlesien aufgefundenen Käferarten. – Zeitschr. Entomol. Ver. Schles. Insekt. (Breslau), 10: 1-132.
- Roháček J. (1989): Pozoruhodné druhy členovců Severomoravského kraje, II. Část: střevlík *Carabus variolosus*. – Vlastiv. listy sev.-mor. kraje, 15 (1): 36-38.
- Skoupý V. (2004): Střevlíkovití brouci (Coleoptera: Carabidae) České a Slovenské republiky ve sbírce Jana Pulpána. 213 pp., Public history, Praha.
- Smetana A. (1958): Drabčíkovití - Staphylinidae I. Staphylininae. [The rove beetles - Staphylinidae I. Staphylininae]. Fauna ČSR 12. 437 pp., NČSAV, Praha.
- Stanovský J. & Pulpán J. (2006): Střevlíkovití brouci Slezska a severovýchodní Moravy. 159 pp., Muzeum Beskyd, Frýdek-Místek.
- Uechtritz M. v. (1846): Verzeichniss der in Schlesien bis jetzt gefundene Käfer (Coleoptera). – Uebers. Arb. Verand. Schles. Veselo. Vater. Kult, (1847): 42-45.
- Vávra J. (2005): Lymexyloidea (lesani), pp. 484-485. In Farkač J., Král D. & Škorpík M. (eds): Červený seznam ohrožených druhů České republiky – Bezobratlí (Red list of threatened species in the Czech Republic – Invertebrates). 760 pp., AOPK, Praha.
- (2003): Brouci (Coleoptera) NPR Praděd. Přehled dosavadních poznatků o fauně brouků (Coleoptera) NPR Praděd a nejbližšího okolí, 31 pp. (unpublished manuscript), Správa CHKO Jeseníky, Jeseník-Bukovice.
- Vavroušek J. (1980): Střevlíkovití v chráněné krajinné oblasti Jeseníky (Coleoptera, Carabidae). – Entomol. Zprav. 10(2): 35-40.
- (1983): Střevlíkovití a kovaříkovití v Chráněné krajinné oblasti Jeseníky (Coleoptera – Carabidae, Elateridae). – Zpr. Čs. Spol. Entomol., 19(3): 95-104.
- Weissmannová H. et al. (2004): Olomoucko, pp. 310. In Mackovčín P. a Sedláček M. (eds.): Chráněná území ČR, svazek VI. 454 pp., AOPK a EkoCentrum Brno, Praha.

Authors' adress: Josef Kašák, Department of Zoology and Lab of Ornithology, Faculty of Science, Palacky University in Olomouc, Třída Svobody 26, Olomouc, CZ – 771 46 e-mail: abovic@seznam.cz
 Filip Trnka & Radim Gabriš, Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University in Olomouc, Třída Svobody 26, Olomouc, CZ – 771 46 e-mail: filip.trnka88@gmail.com; radim.gabris@seznam.cz

Příspěvek IV

Kašák J., Mazalová M., Šipoš J. et Kuras T. 2013: The effect of alpine ski-slopes on epigeic beetles: does even a nature-friendly management make a change? *Journal of Insect Conservation*. 17: 975-988.

The effect of alpine ski-slopes on epigeic beetles: does even a nature-friendly management make a change?

J. Kašák · M. Mazalová · J. Šipoš · T. Kuras

Received: 31 January 2013 / Accepted: 13 June 2013 / Published online: 21 June 2013
© Springer Science+Business Media Dordrecht 2013

Abstract Unique alpine ecosystems are threatened by skiing activities all over the world. We studied the effect of alpine ski-slopes on epigeic beetles by pitfall trapping in the Praděd National Nature Reserve (Czech Republic) where the management of ski-slopes has never caused any disturbance to the vegetation cover. Using a mixed modelling approach, we demonstrate a significant effect of ski-slope management on the epigeic beetle community, including its functional diversity. Beetle species responded to the ski-slope individually. We found a noticeable decline in the abundance of most species in the patches with artificially increased accumulation of snow, i.e. close to the interior edges of the ski-slopes. Above all, the ski-slopes were not preferred by relict species such as *Neagolius limbolarius*, *Minota carpathica* and *Liotrichus affinis* but vagile widespread carabids (*Amara lunicollis*, *Poecilus versicolor*) and herbivores associated with nitrophilous plants (*Gastrophysa viridula*) were more abundant on the ski-slopes. A few stenotypic carnivorous and herbivorous species were found on the ski-slopes. A high abundance of mountain herbivores such as leaf beetle *Timarcha metallica* reflected an increased occurrence of their host plants and carnivores such as *Carabus sylvestris* and *Pterostichus oblongopunctatus* could prefer ski-slopes due to the locally increased food supply. With respect to both uniqueness of

alpine communities and to the small extent of alpine treeless zone, we recommend considering very cautiously any potential expansion of ski resorts, even those with reasonable ‘nature-friendly’ practices.

Keywords Ski-slopes · Epigeic beetles · Alpine ecosystems · Functional diversity · Conservation

Introduction

Mountain ecosystems are biologically important and distinct (Nagy and Grabherr 2009). The fragmented character of high altitude habitats in the Europe mountain ranges, with patches of alpine meadows isolated by forests, has caused long-lasting isolation and development of specific communities with many endemic taxa of plants and animals (Brandmayr et al. 2003; Negro et al. 2007; Coldea et al. 2009; Kuras et al. 2009). Alpine meadows in the highest mountain ranges of Central Europe are strongly isolated and comprise relatively small areas with surprisingly high biodiversity. For example, the Hrubý Jeseník Mountains represent an insect hot-spot of species richness within the whole High Sudetes (Bílá et al. 2012).

Threats to alpine communities that are very sensitive to disturbances (Baur et al. 2007; Negro et al. 2007; Nagy and Grabherr 2009) are mostly anthropogenic (Negro et al. 2010) and one of the most significant and complex anthropogenic impacts is the development of winter sport resorts (Titus and Tsuyuzaki 1998; Wipf et al. 2005; Rolando et al. 2007; Kangas et al. 2009; Kubota and Shimano 2010). Ski resorts attract many visitors and play a key role in the development of regional economies (Isselin-Non-dedeu and Bédécarrats 2007). However, intensive winter tourism in mountain regions often strongly and irreversibly

J. Kašák
Laboratory of Ornithology and Department of Zoology, Faculty of Science, Palacký University, 17. Listopadu 50,
771 46 Olomouc, Czech Republic

M. Mazalová (✉) · J. Šipoš · T. Kuras
Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacký University, Tř. Svobody 26,
771 46 Olomouc, Czech Republic
e-mail: mazalka.m@seznam.cz

changes the environmental conditions of habitats (Gordon et al. 2002); since the beginning of the twentieth century the establishment of ski resorts has decreased unthreatened areas of valuable mountain habitats in the Alps (Simons 1988; Mackenzie 1989).

Many ski-slopes are built using heavy machinery to smooth the terrain and remove rocks and other obstacles as well as organic soils and vegetation cover (Titus and Landau 2003; Wipf et al. 2005; Roux-Fouillet et al. 2011). After machine grading the soil usually consists of mineral substrate with decreased cohesiveness of soil particles (Pohl et al. 2009). The bare ground is also vulnerable to erosion by rainfall (Zuazo and Pleguezuelo 2008; Ristić et al. 2012). The erosion is often amplified by summer stock-grazing carried on especially in the Alps' ski resorts (Ries 1996; Pintar et al. 2009). Concern has been raised of the low ability of alpine vegetation to recover in areas strongly affected by machine-grading (Titus and Tsuyuzaki 1998; Roux-Fouillet et al. 2011). Direct impacts of intensive ski-slopes on soil quality (Rixen et al. 2002; Barni et al. 2007; Delgado et al. 2007) and vegetation (Titus and Tsuyuzaki 1998; Kangas et al. 2009; Roux-Fouillet et al. 2011) are further intensified by synergic indirect influences. Snowcats and skiers themselves compact the snow cover (Ries 1996), decreasing its thermal insulation (Rixen et al. 2004), and its period of cover is prolonged (Ries 1996; Banaš et al. 2010). The former can lead to frost damage to plants and overwintering stages of ground arthropods (Tierney et al. 2001; Kessler et al. 2012); the latter postpones and shortens the period of vegetation growth (Banaš et al. 2010). In general, the building and maintaining of winter-tourism resorts have negative impacts on biodiversity of alpine plant communities (Ries 1996; Pohl et al. 2009; Roux-Fouillet et al. 2011).

There is extensive literature on the influence of ski-resorts on vegetation and the soil environment, but studies concerning its impact on fauna are few (but see Thiel et al. 2008; Gillian and Wilson 2008; Negro et al. 2010; Rolando et al. 2012; Kessler et al. 2012). The current state of knowledge varies significantly amongst taxa, with most attention given to birds (e.g., Watson and Moss 2004; Rolando et al. 2007; Thiel et al. 2008; Caprio et al. 2011) and mammals (Hadley and Wilson 2004a, Hadley and Wilson 2004b); Sanecki et al. 2006; Gillian and Wilson 2008; Negro et al. 2013).

Few detailed studies have been devoted to the impact of the complex ski industry on the species richness and composition of arthropods. Responses of invertebrates to the above mentioned changes of environment caused by effects of ski-tourism are not uniform but most taxa are negatively influenced. The community structure of mobile hoverflies (Syrphidae) on ski-slopes was similar to that of regularly disturbed habitats (Haslett 1991; 1997) and the

species richness and abundance of Orthoptera was reduced on ski-slopes (Illich and Haslett 1994; Negro et al. 2010; Kessler et al. 2012). The same trend showed the diversity of spiders which was found to be reduced in response to increased area of bare ground (Negro et al. 2009, 2010). Studies of soil fauna have shown significantly lower abundance and biomass on ski-slopes (Foissner et al. Foisnerr et al. 1982; Meyer 1999; Kaluz 2005), strongly affecting the functioning of soil systems (Meyer 1999).

There is still a shortage of studies on the impacts of ski-slopes on the beetle communities of the alpine belt with most work focusing on ski-slopes below the timberline (but see Negro et al. 2010). Abundances and species richness of forest specialists with lower mobility usually decreased towards the ski-slope, with the parallel increase of vagile generalists of open habitats (Strong et al. 2002; Negro et al. 2009). Furthermore, all the studies are based on the investigations of strongly anthropogenic disturbed ski-slopes.

Here we examine the effects of ski-slopes which have never been machine-graded or artificially snowed in an alpine zone above the tree line on the structure of epigeic beetle communities. Such areas are only influenced by the indirect effects of ski resort activities, skier activity and maintenance of the ski-slopes. We consider impacts on herbivores and carnivores; both groups are essential for the functioning of the sensitive alpine ecosystems. We also discuss the conservation implications of our findings.

Methods

Study site

The study was performed on the ski-slopes situated in the summit area of the Hrubý Jeseník Mts. (Czech Republic), the second highest Central European Hercynian mountain range (sensu Grabherr et al. 2003). Seven ski-slopes situated from 1,235 to 1,442 m a.s.l. make the Praděd ski resort the highest located ski centre in the Czech Republic. Its uniqueness lies in its position—the whole area of ski resort is located in the Praděd National Nature Reserve, surrounding the highest mountain (Praděd Mt.; 1,492 m a.s.l.; 50°4'59.049"N, 17°13'51.374"E).

Three ski slopes (Fig. 1) were studied above the upper tree line (Tremml and Banaš 2008) at altitudes between 1,350 and 1,440 m a.s.l. Its climate is cold, with mean temperatures varying from -6.6°C in the coldest month (January) to $+9.5^{\circ}\text{C}$ in the warmest month (August) (Demek and Kříž 1994). Long-term annual average rainfall is 1,200–1,300 mm with the peak in July (187 mm) and 200 rainy days per year on average. Snow cover lasts for more than 180 days, usually from the end of October to

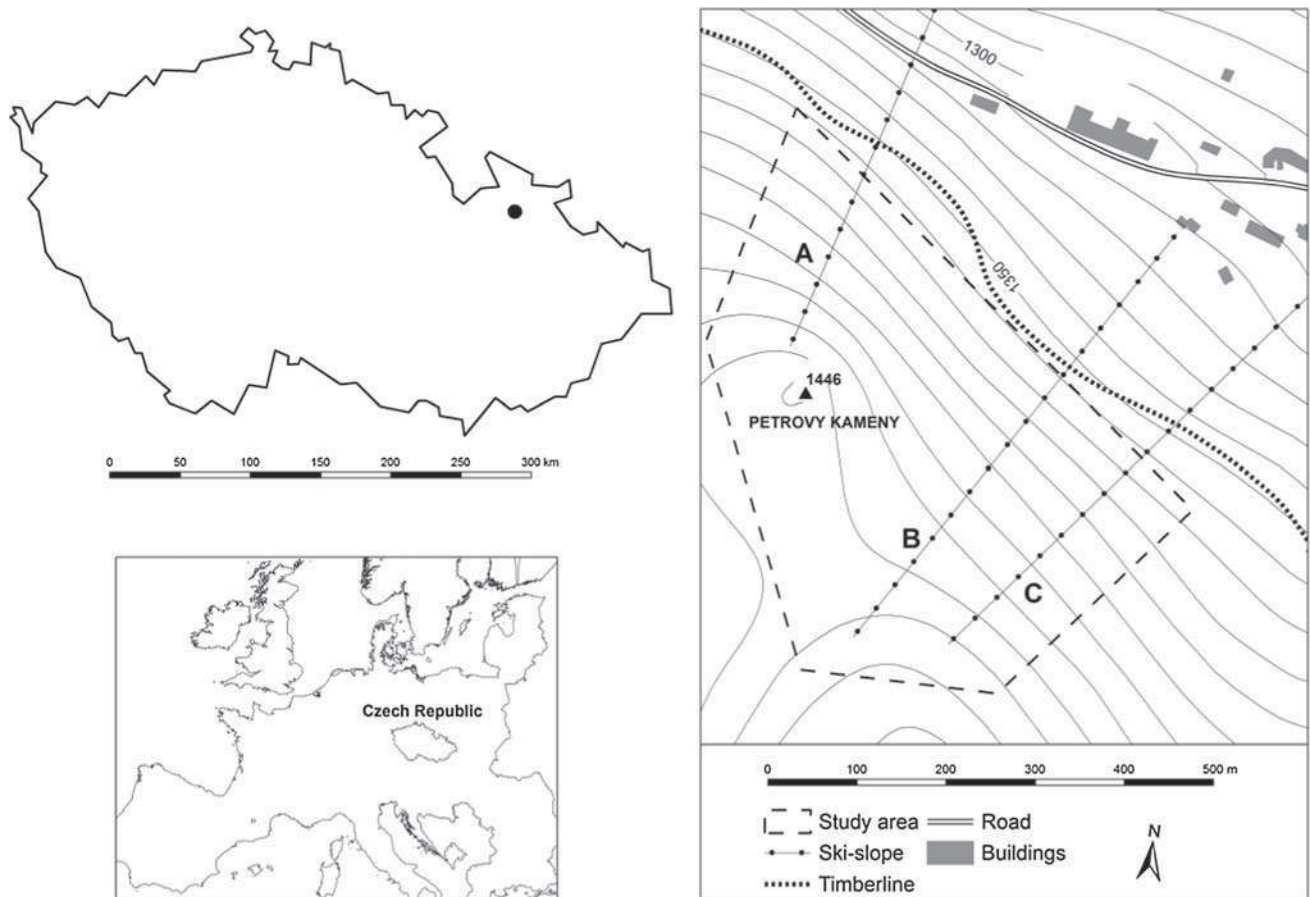


Fig. 1 Location of the Praděd ski resort and the study ski-slopes (A, B, C) in the Czech Republic

mid-May (Lednický 1985). Three distinctive vegetation types occur in the study area: (1) alpine dwarf vegetation with *V. myrtillos* (=Vaccinium) (2) subalpine tall grassland with *C. villosa* (=Calamagrostis) and (3) subalpine tall forbs vegetation with *A. distentifolium* (=Athyrum).

Despite the fact that the study area has been under strict legal protection, the ski-slopes were established in the late 1950s (Schmidtová et al. 2009). Neither machine grading nor artificial snow has ever been used. Existing ski-slopes are 20–50 m wide and are maintained only in winter by snowcats (Hédl et al. 2012), without any management in summer (e.g., grazing, mowing). The ski resort is only opened to the public if there is a minimal depth of 80 cm on the ski-slopes (Banaš et al. 2010). Due to the moderate management, neither the vegetation nor the soil system of ski-slopes is directly disturbed.

Field sampling

Pitfall trapping was chosen as the standard method to assess the abundance of beetles see (Greenslade 1965;

Spence and Niemelä 1994; Rainio and Niemelä 2003). Within each of the three ski-slopes, three pitfall traps were placed at random in each of the three predominant vegetation types—Vaccinium, Calamagrostis and Athyrum, i. e. 27 (3 × 3 × 3) traps. Simultaneously, the same sampling design was used to place traps on control sites, positioned off each ski-slope (covering the three types of vegetation: Vaccinium, Calamagrostis and Athyrum)—27 (3 × 3 × 3). The exact location of each trap was established in the field by means of a Global Positioning System (GPS) eTrex Garmin and the distance of the trap to the edge of the ski slope recorded in meters. Each 500 ml (8 cm diameter × 15 cm deep) pitfall trap was placed level with the ground surface and one-third filled with 4 % formaldehyde solution, to repulse mammalian insectivores and prevent sample decay (Strong et al. 2002). Pitfall traps were set out on the 3rd June 2005 and the contents collected at approximately 4 week intervals, five times during the field season, with the last collection on the 8th October. Each sample was preserved in 95 % ethanol. Ground beetles (Carabidae), click beetles (Elateridae), weevils

(Curculionidae), leaf beetles (Chrysomelidae) and scarab beetles (Scarabaeidae) were identified to the species level using updated standard keys or specialist studies of particular taxa. The nomenclature follows de Jong (2012).

Data analysis

The explanatory variables “vegetation type” and “ski-slope” were coded as categorical variables (Ski-slope: presence or absence; vegetation: *Vaccinium*, *Calamagrostis* or *Athyrium*). Absolute values of distances of traps to ski-slope edges were log-transformed and traps on the ski slopes scored positively and those off the ski-slope negatively.

Each trap sample was considered as an independent variable and the number of individuals of each species in each sample was converted to the number of individuals caught per sampling day (relative abundance). Therefore, the response variables used were (1) the total relative abundance of beetles and (2) the relative abundances of individual species. Species represented by less than five individuals were removed from the analysis (*A. sexpunctatum*, *A. murinus*, *A. convexior*, *A. equestris*, *A. erratica*, *A. nitida*, *C. erratus*, *C. melanocephalus*, *C. arcensis*, *C. violaceus*, *C. attenuatus*, *D. comatus*, *G. tanacetii*, *H. affinis*, *L. merdigera*, *N. biguttatus*, *O. puncticeps*, *O. schaubergianus*, *O. coecus*, *P. cupreus* and *P. rufipes*). Since epigeic beetle communities are strongly affected by phenology and location (Thomas et al. 1998; Ranio and Niemelä 2003; Khobrakova and Sharova 2005; Matalin 2007), we treated locations of particular ski-slopes and the dates of the sample collection (as the rank of the week from the beginning of the year) as covariables.

Multivariate analysis

Detrended correspondence analysis (DCA) (Hill and Gauch 1980) was used to find the main gradients in the community data set. With respect to the results of DCA (see ter Braak and Šmilauer 2002) a canonical correspondence analysis was used (CCA) (ter Braak 1986) to relate gradients in species composition and abundances to external predictors and to test the importance of these predictors. Data were standardised and centred by samples, Monte-Carlo permutation test was conducted using a split-plot design and 5,000 permutations, and forward selection procedure was used to test environmental variables. Generalized linear models (GLM) were used to assess the impact of the single factor “ski-slope” individually on each species. Species data had a Poisson distribution and responses of species were therefore fitted using a quadratic function. All analyses were conducted with CANOCO, v. 4.5 (ter Braak and Šmilauer 1998).

Multiple log-linear regression and attributes of species

Generalized linear mixed models (GLMM; lme4 package in R version 2.14.1) were used to investigate the effect of ski-slope and species-specific characteristics on the relative abundance of ground dwelling beetles, using inverse Gaussian error distribution and link function log (Bates et al. 2012). For the species-specific characteristics we used information on body size, wing form, trophic group, habitat association and classification of relictiness.

Body size was recorded as the mean length of the beetle species (mm). Wing forms were defined as: macropterous (long wings), brachypterous (short or no wings) and dimorphic (both wing forms present) (Appendix 1). We consider macropterous and dimorphic species as being able to fly; therefore we assume those beetles to have better dispersal ability than flightless brachypterous species (Lövei and Sunderland 1996).

Species were divided into two trophic groups: carnivores (obligate and predominantly carnivorous species) and herbivores (feeding on both live and dead plant parts and occasional carnivores e.g. *Amara* spp.). Habitat association was determined on the basis of habitat preference: forest, open habitats and habitat generalists (Appendix 1).

Following Hürka et al. (1996), all species from the study area were divided into three groups according to their different ability to deal with environmental changes: relicts (restricted to natural, undisturbed habitats), adaptive (able to colonise both undisturbed and moderately disturbed habitats), and eurytopic (colonising even heavily anthropogenically disturbed sites). All characteristics were determined from Smerczyński (1968), Warchalowski (1973) Dieckmann (1980, 1986), Lindroth (1992a), Hürka (1996), Laibner (2000), Martínková and Honěk (2004), Beenen (2005), Jolivet (2005), Stanovský and Pulpán (2006), Niemelä et al. (2007), Čížek and Douget (2008), Juřena et al. (2008).

The most parsimonious combination of environmental variables was selected based on the lowest Akaike's information criterion (AIC) (Akaike 1973) by combining both forward and backward selection (Burnham and Anderson 2002). Regression lines were fitted using the cubic smoothing spline method because the shape of the response curve was not limited. Degree of smoothness was estimated using the generalized cross-validation criterion. The variance was partitioned between-slopes and within-slopes for the correct test statistic estimation. The mixed model was run with sampling sites nested within particular slope as a random variable; this model estimates the correct error term and degrees of freedom and can deal with overdispersion. The effects of ski-slope on species abundance were tested by analysis of deviance using an F test. These analyses were performed using R version 2.14.1.

Functional diversity analyses

Finally, we analysed functional diversity of the epigeic beetle community, using functional diversity indices according to Mason et al. (2005). On the base of species-specific features used for GLMM analyses (see above) and simple abundances of each species (not relative values) we calculated the functional richness, evenness and divergence. These dependent variables were square root transformed. These indices were calculated individually for each trap with all five sample periods pooled, thus we obtained 54 values of each index altogether. Then the curves fitting the trend of each index in relation to ski-slope were depicted and tested by regression using a Gaussian distribution of error variance. Additionally, we conducted GLM analyses with beetle species divided according to their dispersal abilities, since we regarded this feature as determinative on the basis of the biology and ecology of particular species.

Results

For the analyses we considered 2,201 individuals belonging to 27 different species (see Appendix 1). Carabids were the most abundant group, comprising 55 % of the total number of individuals collected, with the dominant species being *C. sylvestris*, *C. micropterus*, *C. caraboides* and *P. unctulatus*, all having more than 100 specimens in total. Amongst the carabids, three different ecological strategies are represented; brachypterous (8), macropterous (3) and dimorphic species (4). *P. tischeri*, a relict weevil, was the most abundant individual species (526 individuals).

The beetle community of the study area situated in the alpine open habitats contained some bioindicator species of high conservation value, associated with the native ecosystems, e.g. an alpine dung beetle; *N. limbolarius*, endemic for the Hrubý Jeseník Mts. and boreo-montane or montane relicts; *C. sylvestris*, *L. affinis*, *M. carpathica*, *P. tischeri* and *T. metallica*.

Community patterns

After filtering out the effects of covariables, the CCA model explained 5.2 % of variance of the species data ($F = 3.778$, $P < 0.001$ for all canonical axes). Beetle communities differed among study sites with two vegetation types (Vaccinium $F = 5.88$, $P < 0.001$; Athyrium $F = 3.21$, $P < 0.001$) and ski-slope ($F = 2.36$, $P = 0.002$) having a significant effect (Fig. 2). The longest gradient of

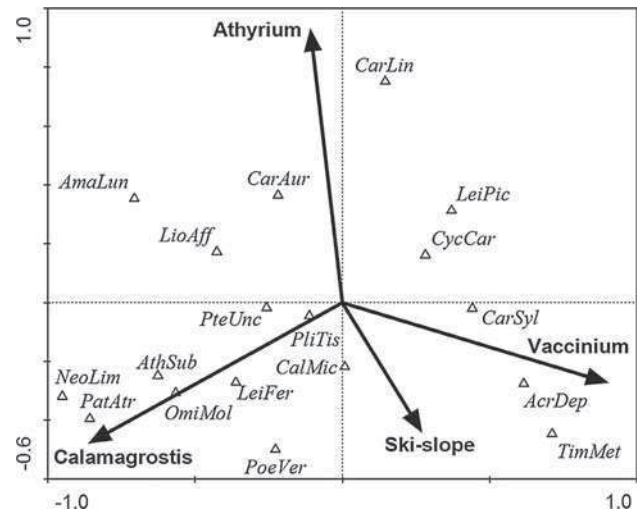


Fig. 2 Biplot CCA of environmental variables (ski-slope and vegetation types) and relative abundance of epigeic beetles in alpine tundra. Only species with a fit-range >1 % are depicted in the ordination diagram. Names of beetles are denoted by triangles with abbreviation: *Acrossus depressus* (AcrDep), *A. lunicollis* (AmaLun), *Athous subfuscus* (AthSub), *Calathus micropterus* (CalMic), *Carabus auronitens* (CarAur), *Carabus linnei* (CarLin), *Carabus sylvestris* (CarSyl), *Cychrus caraboides* (CycCar), *Gastrophysa viridula* (GasVir), *Leistus ferrugineus* (LeiFer), *Leistus piceus* (LeiPic), *L. affinis* (LioAff) (MinCar), *Omiamima mollina* (OmiMol), *N. limbolarius* (NeoLim), *Patrobis atrorufus* (PatAtr), *Plinthus tischeri* (PliTis), *Poecilus versicolor* (PoeVer), *Pterostichus aethiops* (PteAet), *Pterostichus unctulatus* (PteUnc), *Timarcha metallica* (TimMet)

species data in the CCA biplot is along the horizontal canonical axis (Fig. 2) and corresponds to the dispersal abilities of species. In accordance with this, vagile species predominate within the left part of the ordination diagram (*A. lunicollis*, *N. limbolarius*, *A. subfuscus*), whereas brachypterous, surface-active beetles are mainly clustered on the opposite side (*C. sylvestris*, *L. piceus* and *T. metallica*).

The distribution of species along the vertical axis (Fig. 2) can be interpreted as a pattern following the altitudinal gradient with the number of forest species declining with increasing altitude. Still occurring in the open treeless habitats, they are clustered mostly in the upper part of the CCA biplot (*C. auronitens*, *C. linnaei*, *C. caraboides* and *L. piceus*). In contrast, generalists (*T. metallica*) species associated with open habitats (*L. ferrugineus*, *O. mollina* and *P. versicolor*) and montane grassland specialists (*N. limbolarius* and *C. sylvestris*) are situated in the lower part of the ordination diagram. The type of vegetation has an important role in the distribution of some oligophagous herbivores such as *T. metallica*, associated with Vaccinium, and *N. limbolarius* dependent on Calamagrostis dominated vegetation.

Impact of ski-slope on species and functional groups of beetles

Epigeic beetle communities are composed of diverse ecological groups, thus the response to the ski-slope may be heterogeneous on both the species and functional group levels. Therefore, we used GLMM to reveal species-specific responses to the factor “ski-slope”. Although “ski-slope” has a significant impact on the epigeic beetle community (Table 1, Fig. 2), the magnitude of influence differs along the transverse profile of the slope. The most affected areas are the inner margins of the slopes, with significantly decreased abundances for most beetle species (Fig. 3). Interaction between the abundance of species and the factor “ski slope” was best fitted with a quadratic function ($SE = 0.67$, $P = 0.005$). The best model for interpretation of species distribution and their abundances was: Abundance \sim Ski-slope + habitat interaction + vegetation type + feed + ski-slope:habitat interaction + ski-slope:feed (AIC = -245.04).

Relations of distinct ecological groups to the factor “ski-slope” are not uniform. Our results show that “ski-slope” supports habitat generalists (GLM-ANODEV; $F = 3.728$, $P = 0.0049$) and species associated with open, treeless habitats (GLM-ANODEV; $F = 2.727$, $P = 0.049$). In contrast, forest species of beetles show a significant decrease in number on the ski-slope (GLM-ANODEV; $F = 46.55$, $P < 0.001$). Furthermore, ski-slopes promote the species associated with *Calamagrostis* and *Vaccinium* vegetation rather than those connected with the *Athyrium* vegetation type (Fig. 2).

The results of functional diversity analyses show that both functional richness ($F_{1,51} = 4.48$, $P = 0.039$) and divergence ($F_{1,51} = 3.98$, $P = 0.040$), but not functional evenness ($F_{1,51} = 0.16$, $P = 0.686$), significantly change along the transverse profile (Fig. 4), i.e. along a gradient from the natural alpine tundra, through the edge of ski-

Table 1 Results of analysis of deviance conducted using GLMM, testing factors which influence the relative abundance of epigeic beetle species

Variable	df	F
Ski-slope	1	44.42***
Habitat association	2	36.39***
Vegetation	2	6.42**
Trophic group	2	3.35*
Ski-slope: habitat association	2	7.92***
Ski-slope: trophic group	2	2.32 ns

Sample sites nested within the ski-slopes were used as random variables. Factors were selected by using step-wise procedures

ns not significant

*** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

slopes to their centres. Functional richness (Fig. 4b) significantly increases towards the ski-slope, whereas functional divergence declines (Fig. 4c).

Abundances of 9 species are significantly affected by the ski-slope (Table 2, Fig. 5a, b). As predicted, forest carabids with low dispersal abilities (*L. piceus*, *P. aethiops* and *T. striatulus*) are more abundant outside of the ski-slopes (Table 2, Fig. 5a, b). On the other hand, some widespread and vagile herbivores (*A. lunicollis*, *G. viridula*) and carnivores (*P. versicolor*, *P. oblongopunctatus*) spread onto the ski-slopes, or, more exactly, onto their side parts (Fig. 5a). Interestingly, a few stenotypic montane herbivores (e.g., *T. metallica*) and carnivores (e.g., *C. sylvestris*) prefer ski-slopes to the undisturbed alpine tundra habitats (Table 2, Fig. 5b). We detected the highest abundance of *C. sylvestris* near the inner ski-slopes margins where the impacts of the ski-slopes were found to be the most influential for the beetles (Fig. 3). Trait analysis, using GLM analyses and additional ordination (Fig. 5) demonstrates the crucial role of dispersal ability, since the abundances of mobile, macropterous, beetles tended to increase towards the ski-slope, whereas the more sedentary, brachypterous species declined.

Discussion

Ski-slope effects at the community level

The community structure of epigeic beetles is significantly affected by both vegetation type and ski-slope and the

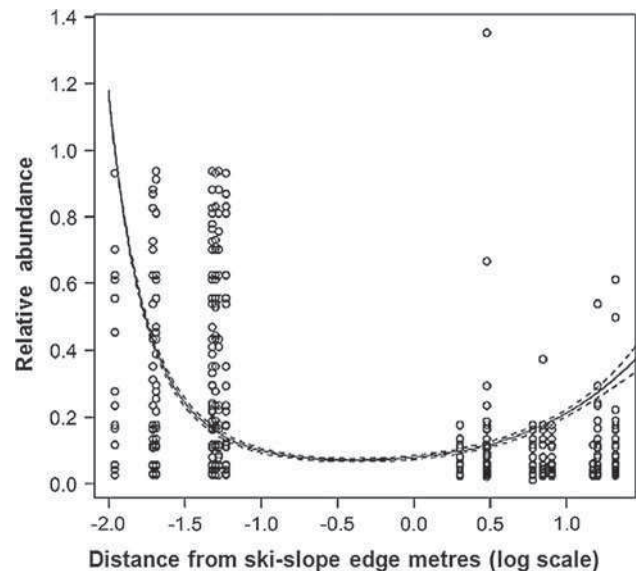


Fig. 3 Effects of ski-slope on relative abundance (total number of beetles caught by particular trap per day) of epigeic beetles predicted by GLMM. We used relative abundances of beetles, i.e. traps on the ski slope have + distance values and those away from the ski-slopes—distances

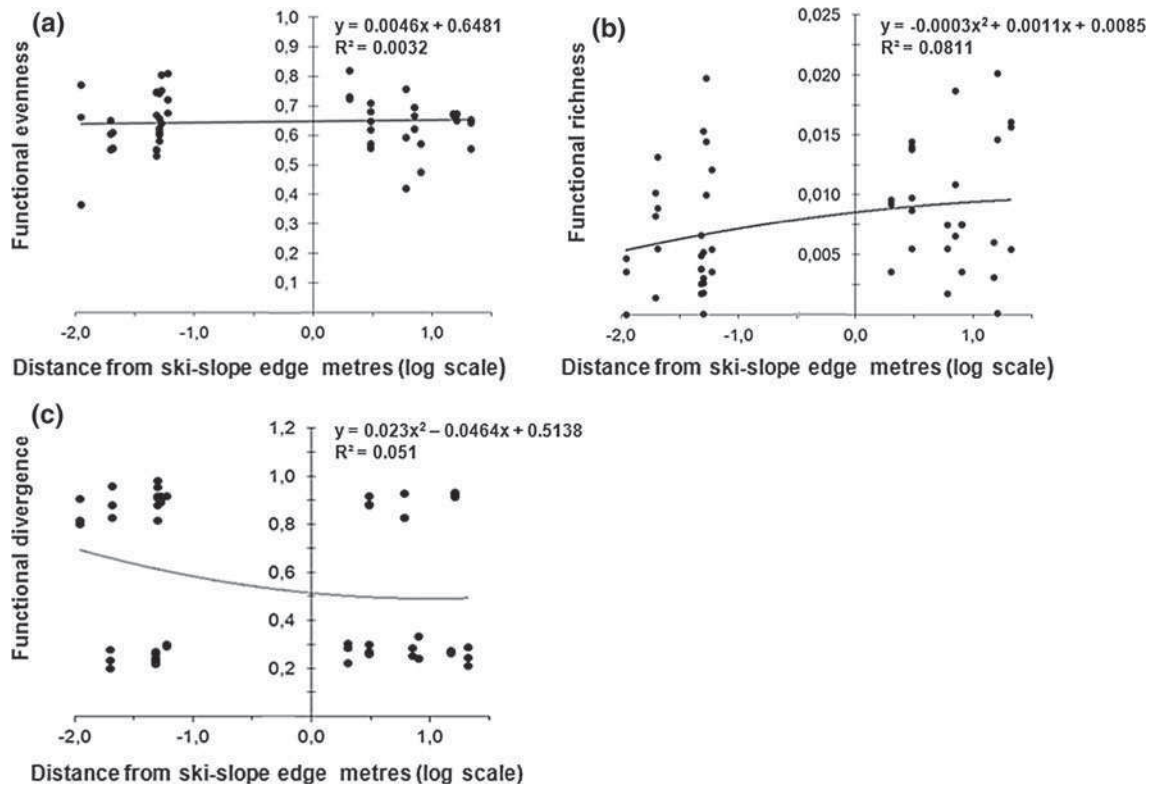


Fig. 4 Functional diversity analyses conducted according to Mason et al. (2005). Functional evenness, richness and divergence were calculated on the base of species-specific features used for previous analyses (GLMM) and simple abundances of each species, i.e. not relative abundances. The indices were calculated individually for

each trap with all five sample periods pooled. The curves fitting the trend of each index in relation to ski-slope are depicted. Traps on the ski slope have + distance values and those away from the ski-slopes—distances

impact of ski-slopes on beetle communities is not uniform along the transverse profile of the slopes. Specifically, we found the strongest impact on the beetle communities to be closer to the interior edges of the ski-slopes. In contrast, previous studies observed decreased diversity and abundance of epigeic beetles and other arthropods towards the centre of the slopes (Strong et al. 2002; Negro et al. 2009, 2010). These differences may be due to the way our study site is managed in comparison to previously studied slopes. In general, communities respond negatively to the intensity of mechanical vegetation cover disturbance and shortening of the vegetation period in the patches with artificially increased accumulation of snow (Ries 1996; Wipf et al. 2005). Our study area is located in the alpine, treeless zone. Moreover, vegetation cover has never been clear-cut and the soil surface has never been afflicted by machine-grading (Banaš et al. 2010), but snow may be brought to the slopes from adjacent areas. Therefore, we consider the impact of later snow melting in places of increased accumulation to be a crucial factor responsible for the changes in the beetle community composition. Due to the distinctive management of the ski-slopes, the thickest snow layer

lies nearby the edges of the slopes, strongly affecting these patches by the postponement and shortening of the vegetation season, thus determining the community structure of epigeic beetles.

In summary, our results indicate that low temperatures and shortening of the vegetation period in patches with accumulated and compacted snow are the principal factors for the observed decrease in abundance of epigeic invertebrates on the ski-slopes, in agreement with Illich and Haslett (1994), Negro et al. (2010) and others.

Our analysis of functional diversity demonstrates an increase of functional richness and, simultaneously, decline in functional divergence towards the ski-slopes. The increase of functional richness indicates the higher number of diverse functional groups on the ski-slopes than in surrounding alpine tundra. This may be the result of colonisation of the new environs of ski-slopes by opportunistic, widely distributed species with high dispersal ability (e.g. *A. lunicollis*, *P. oblongopunctatus*, *P. versicolor*). Additionally, the investigated ski-slopes are not so strongly disturbed to be entirely avoided by indigenous alpine species, many of which still occurred on the ski-slopes, yet

Table 2 Results of GLM of beetles and their responses to the ski-slope

Species	<i>N</i>	<i>F</i>	Intercept	Slope1	Slope2	AIC
Carabidae						
<i>A. lunicollis</i>	15	3.57*	-4.23	-0.22	-1.27	4.84
<i>Calathus micropterus</i>	107	2.65 ns	-4.20	0.33	0.31	13.74
<i>Carabus auronitens</i>	75	1.60 ns	-4.27	-0.19	0.10	13.91
<i>Carabus linnaei</i>	79	0.45 ns	-4.37	-0.06	0.08	10.09
<i>Carabus sylvestris</i>	307	5.97**	-2.01	0.00	-0.51	35.80
<i>Cychrus caraboides</i>	172	1.81 ns	-3.02	0.03	-0.23	18.26
<i>Leistus ferrugineus</i>	25	0.12 ns	-5.22	-0.01	-0.14	5.10
<i>Leistus piceus</i>	20	5.27**	-6.65	-0.84	0.20	5.28
<i>Patrobus atrorufus</i>	46	0.80 ns	-4.22	-0.30	-0.38	8.94
<i>Poecilus versicolor</i>	10	4.31*	-6.42	1.08	0.08	3.34
<i>Pterostichus aethiops</i>	8	7.27***	-6.00	-2.72	-1.78	2.37
<i>Pterostichus diligens</i>	26	1.36 ns	-5.41	0.36	0.21	5.64
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>	32	17.23***	-4.51	1.04	-0.88	5.25
<i>Pterostichus unctulatus</i>	241	1.20 ns	-3.22	0.18	0.26	29.79
<i>Trechus striatulus</i>	19	6.15**	-7.34	0.60	1.20	5.40
<i>Trichotichnus laevicollis</i>	30	0.45 ns	-5.07	0.24	0.05	7.95
Chrysomelidae						
<i>Gastrophysa viridula</i>	49	0.03*	-4.81	-0.01	-0.05	6.68
<i>M. carpathica</i>	30	2.73 ns	-5.86	0.56	0.67	7.82
<i>Timarcha metallica</i>	85	10.79***	-4.98	0.82	0.67	14.88
Curculionidae						
<i>Notaris aterrima</i>	14	1.20 ns	-6.49	0.40	0.59	4.63
<i>Omiamima mollina</i>	78	0.15 ns	-4.16	0.07	-0.02	12.26
<i>Otiorhynchus nodosus</i>	103	0.05 ns	-3.62	-0.02	-0.08	18.98
<i>Plinthus tischeri</i>	526	2.10 ns	-2.14	0.18	0.01	44.21
Elateridae						
<i>Athous subfuscus</i>	6	0.16 ns	-7.11	0.26	0.37	2.65
<i>L. affinis</i>	10	1.98 ns	-5.00	-0.81	-1.12	2.93
Scarabaeidae						
<i>Acrossus depressus</i>	77	3.00 ns	-4.12	0.43	-0.21	13.27
<i>N. limbolaris</i>	12	0.45 ns	-6.48	0.13	0.50	6.01

p values in bold are significant at $\alpha = 0.05$

ns not significant

*** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$

in lower abundances. On the other hand, the increase of functional divergence off the ski-slopes may reflect higher niche differentiation and thus lower competition amongst species (Mason et al. 2003, 2005). Therefore, the species prevailing in non-affected alpine tundra should be more specialized as a result of the post-glacial Holocene history of small and isolated mountain ranges of Central Europe (Kuras et al. 2003; Konvicka et al. 2003; Schmitt et al. 2006); species which survived both the fluctuation of the upper tree-line and the harsh conditions of mountain climate are distinctive (Körner 2003; Nagy et al. 2003; Schöb et al. 2009).

Ski-slope effects at the species level

Samples from ski-slopes and control plots off-side the slopes differ in the presence of epigeic beetle species. Widespread carabids with high dispersal abilities associated with open habitats (*A. lunicollis* and *P. versicolor*) prevail on the ski-slopes. These species indicate disturbed habitats (Hürka et al. 1996; Niemelä et al. 2002; Huber and Baumgartner 2005). Strong et al. (2002) and Negro et al. (2009, 2010) reached similar conclusions explaining the increasing proportion of euryoecious, lesser demanding beetle species, by a higher rate of disturbance on ski-slopes than in neighbouring habitat.

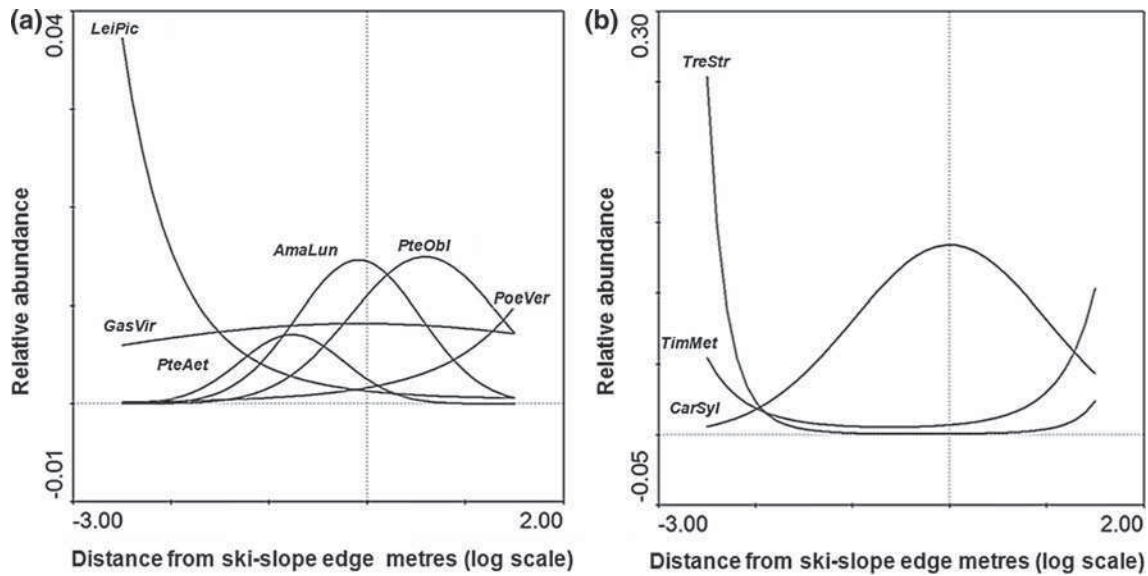


Fig. 5 Abundance responses of epigeic beetles on ski-slopes computed using GLM. We used relative abundances of species, i.e. total number of individuals of particular species caught by each trap per day. Effect of ski-slope was scaled as the log-transformed distance (m) of each trap from the edge of the ski-slope (vertical line). Traps on the ski slope have + distance values and those away from the ski-slopes – distances **a** significant responses of the species and

b significant strong responses of the species on “ski-slope” (see Table 2). Responses of particular species predicted by the model are denoted by curves with abbreviations: *A. lunicollis* (*AmaLun*), *Carabus sylvestris* (*CarSyl*), *Gastrophysa viridula* (*GasVir*), *Leistus piceus* (*LeiPic*), *Poecilus versicolor* (*PoeVer*), *Pterostichus aethiops* (*PteAet*), *Pterostichus oblongopunctatus* (*PteObi*), *Timarcha metallica* (*TimMet*) and *Trechus striatulus* (*TreStr*)

As a result of compaction, snow layers on the slopes are less insulating and frost penetration of the topsoil is more frequent and severe (Ries 1996; Banaš et al. 2010). Increased freezing of topsoil can increase mortality of soil fauna (Sømme and Conradi-Larsen 1977; Heal et al. 1998) and might negatively affect the development of some alpine relicts, such as the saprophagous dung beetle *N. limbolarius*. This species is sensitive as its larvae are bound to topsoil layers where they feed on decaying fine roots of graminaceous plants (Juřena et al. 2008). Concurrently, the shortening of the vegetation growth period in patches with a thicker snow layer can be considered another principal ecological factor, negatively affecting the development of epigeic species.

According to our observation, not only good-dispersers and generalists, but also a few stenotypic carnivorous and herbivorous beetles preferred the ski-slopes. *C. sylvestris*, a typical species of natural habitats of the alpine belt (Hůrka 1996; Stanovský and Pulpán 2006; Šustek 2006; Gobbi et al. 2007), reached the highest abundance within the ski-slopes, near to the slope edges. The montane relict, leaf beetle *T. metallica*, also preferred the ski-slopes, although the genus *Timarcha* is considered to be sensitive to environmental changes due to its specialization (González-Mégias and Gómez 2001; González-Mégias et al. 2005).

These results show that the impacts of ski-slopes on observed epigeic beetle communities are not strictly

negative. Less intensively maintained ski-slopes, such as in our study location, represent a specific environment, attractive for particular species including threatened stenotypic mountain beetles. We suggest two hypotheses which may explain our findings.

The first is based on the idea that carnivores may prefer ski-slopes as a consequence of increased food supply. A characteristic feature of ski-slopes is the delayed snow melt. The thicker the snow cover the longer it persists (Ries 1996; Banaš et al. 2010). Remnants of snow-covered areas cause an accumulation of dead bodies and invertebrates immobilised by the cold in spring and early summer which become an important food source for epigeic carnivores (Mani 1968). Up to 50 insect specimens can be brought by the wind to an area of 1 m² per day, with Diptera, Homoptera and Hemiptera being the most abundant ones (Papp 1978). Gradual snow meltdown slowly releases dead insects, which supply food for carnivorous carabids and staphylinids (Mani 1968). We observed such accumulations of insects on the remnant snow patches in our study plots. Thus, the increased proportion of a few carnivores (e.g., *C. sylvestris* and *P. oblongopunctatus*) may be attributed to the local increase of food supply by the last snow patches.

The second relates to nutrient deposition, plant growth and opportunities for herbivorous species. Alpine meadows are oligotrophic habitats and in the last decades Central

European mountain ranges have been exposed to increased eutrophication (Štursa 1998; Holland et al. 2005; Nagy and Grabherr 2009) caused by air pollutants (Chapin et al. 1995). Increased deposition of nutrients (especially NO_x) leads to changes in composition of both plant and herbivore communities and higher nutrient deposition has been observed on patches with a thicker snow layer (Kuhn 2001; Roux-Fouillet et al. 2011). In addition to the influence of atmospheric depositions, an increased growth of dwarf shrubs (*Vaccinium*) may potentially increase the storage of carbon and nitrogen in the soil (Gavazov 2010) supporting the growth of other plant species. In contrast with some recent studies, where the cover of dwarf shrubs is negatively correlated with ski-slopes (Wipf et al. 2005; Kangas et al. 2009; Kessler et al. 2012), the *Vaccinium* vegetation thrived on the ski-slopes of our study area. This may explain the increased abundance of leaf beetle *T. metallica* on the ski-slopes; this is a species with trophic interaction with *V. myrtillus* (Jolivet 2005). We also observed clusters of typically nitrophilous plants (*Rubus* sp., *Rumex* sp.) on the ski-slopes. These plants can specifically attract some oligophagous herbivores (e.g., *G. viridula* bound to *Rumex* sp., *A. rubi* dependent on *Rubus* sp. etc.). In summary, our data highlight the importance of the so far neglected (but see Kessler et al. 2012; Rolando et al. 2012) indirect factors of ski-slope operation on alpine epigeic communities. We suggest that higher nutrient deposition in areas where snow remains longer (ski-slopes) has an effect on epigeic communities, in addition to the effect of prolonged snow cover.

Conservation implications

Our study demonstrates that the composition and functional diversity of the community of alpine epigeic beetles

is affected by minimally managed ski-slopes, even if they have never been machine-graded and are not artificially snowed. The studied ski-slopes support the most mobile species of open habitats and habitat generalists. In contrast, relict species with low dispersal abilities, closely bound to the soil through the development of their larval stages are the first to be threatened by ski-slopes, even with low impact management employing the single technique of spreading snow from the surrounding area onto the ski-slopes.

Potential extension of ski-slopes, even those with an environment-friendly operation, thereby brings a risk for indigenous beetle relicts of the alpine tundra, despite the fact that other alpine species can be supported at the same time. In regards to small areas of unique and valuable alpine habitats in the context of the whole of the Czech Republic and Central Europe, further development of winter sport centres above the alpine treeline need to be considered very cautiously.

Acknowledgments We would like to thank P. Mařák for help with data collection; J. Stanovský for problematic species determination and helpful supplement of beetle characteristics. F. Trnka helped us the same way; we are very grateful to J. Starý for giving useful comments on the manuscript. We acknowledge the Ministry of the Environment of the Czech Republic – our investigations would never been established without their permission. We are much obliged to two anonymous referees for their valuable comments and suggestions which enable to improve our study. Last but not least, we thank to Tim Shreeve for the time he spent improving our manuscript. Funding of the research project was provided by the Ministry of the Environment of the Czech Republic (VaV/620/15/03, VaV/SM/6/70/05).

Appendix

See Table 3.

Table 3 Abundances of the species sampled in the Praděd National Nature Reserve and their characteristics

Taxon	Winged ^a	Habitat ^b	Habitat OS/IS ^c			Total OS/IS ^c
			Athyrium	Calamagrostis	Vaccinium	
Carabidae						
<i>Agonum sexpunctatum</i>	M	O	0/0	0/0	0/1	0/1
<i>Amara convexior</i>	M	G	0/0	0/2	0/0	0/2
<i>Amara equestris</i>	M	O	0/0	0/0	1/0	1/0
<i>Amara erratica</i>	M	O	0/1	1/2	1/0	1/2
<i>A. lunicollis</i>	M	O	2/4	2/2	0/0	2/6
<i>Amara nitida</i>	M	O	1/0	0/1	0/1	1/2
<i>Calathus erratus</i>	D	G	0/1	0/1	1/0	2/2
<i>Calathus melanocephalus</i>	D	O	0/0	0/0	3/2	3/2

Table 3 continued

Taxon	Winged ^a	Habitat ^b	Habitat OS/IS ^c			Total OS/IS ^c
			Athyrium	Calamagrostis	Vaccinium	
<i>Calathus micropterus</i>	B	F	6/4	22/25	18/32	46/61
<i>Carabus arcensis</i>	B	G	0/0	0/0	1/0	1/0
<i>Carabus auronitens</i>	B	F	14/9	19/16	16/11	49/26
<i>Carabus linnaei</i>	B	F	18/18	10/1	20/12	48/31
<i>Carabus sylvestris</i>	B	O	10/46	15/26	92/118	117/190
<i>Carabus violaceus</i>	B	G	0/0	0/0	2/1	2/1
<i>Cychrus attenuatus</i>	B	F	0/2	0/0	0/0	0/2
<i>Cychrus caraboides</i>	B	F	16/22	10/26	45/53	71/101
<i>Harpalus affinis</i>	M	O	0/0	0/2	1/0	1/2
<i>Leistus ferrugineus</i>	D	O	3/0	5/8	4/5	12/13
<i>Leistus piceus</i>	B	F	2/0	2/1	14/1	18/2
<i>Notiophilus biguttatus</i>	D	F	0/0	0/0	0/1	0/1
<i>Ophonus puncticeps</i>	M	O	0/0	1/1	0/1	1/2
<i>Ophonus schaubergerianus</i>	M	O	0/0	0/0	1/0	1/0
<i>Patrobus atrorufus</i>	D	G	1/1	27/11	0/6	28/18
<i>Poecilus cupreus</i>	M	O	0/1	0/2	0/0	0/3
<i>Poecilus versicolor</i>	M	O	0/1	1/5	0/3	1/9
<i>Pseudoophonus rufipes</i>	M	O	0/1	0/0	0/1	0/2
<i>Pterostichus aethiops</i>	B	F	0/1	3/0	4/0	7/1
<i>Pterostichus diligens</i>	D	G	5/4	3/10	2/2	10/16
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>	M	F	1/13	0/12	0/6	1/31
<i>Pterostichus unctulatus</i>	B	F	30/14	50/64	42/42	122/119
<i>Trechus striatulus</i>	B	G	5/0	4/3	3/4	12/7
<i>Trichotichnus laevicollis</i>	D	F	4/3	5/15	1/2	10/20
Chrysomelidae						
<i>Galeruca tanaceti</i>	D	G	1/0	1/0	0/0	2/0
<i>Gastrophysa viridula</i>	M	O	6/9	18/4	2/10	26/23
<i>Lilioceris merdigera</i>	M	F	0/0	0/0	2/0	2/0
<i>M. carpathica</i>	B	O	5/2	5/8	3/7	13/17
<i>Timarcha metallica</i>	B	G	0/0	1/8	28/48	29/56
Curculionidae						
<i>Donus comatus</i>	B	G	0/0	4/0	0/0	4/0
<i>Notaris aterrima</i>	B	O	2/1	3/3	2/3	7/7
<i>Omiamima mollina</i>	D	O	0/2	29/31	11/5	40/38
<i>Otiorhynchus coecus</i>	B	F	0/0	3/0	0/0	3/0
<i>Otiorhynchus nodosus</i>	B	O	10/11	13/18	31/20	54/49
<i>Plinthus tischeri</i>	B	G	58/32	77/136	94/129	229/297
Elateridae						
<i>Agrypnus murinus</i>	M	O	0/0	0/1	0/0	0/1
<i>Athous subfuscus</i>	M	F	1/0	2/2	1/0	4/2
<i>L. affinis</i>	M	G	1/1	3/2	1/2	5/5
Scarabaeidae						
<i>Acrossus depressus</i>	M	G	2/1	2/18	14/40	18/59
<i>N. limbolarius</i>	M	O	1/0	5/5	1/0	7/5

^a Brachypterous species are abbreviated as (B), macropterous as (M) and dimorphic as (D). ^b Ground beetles were divided into three groups: generalist (G), forest (F) and open habitat (O) species. ^c Study plots were situated off-side (OS) and inside (IS) ski-slopes

References

- Akaike H (1973) Information theory and an extension of the maximum likelihood principle. In: Petrov BN, Scafe F (eds) 2nd International symposium on information theory. Akademiai Kiado, Budapest, pp 267–281
- Banaš M, Zeidler M, Duchoslav M, Hošek J (2010) Growth of alpine lady-fern (*Athyrium distentifolium*) and plant species composition on a ski piste in Hrubý Jeseník Mts Czech Republic. *Ann Bot Fenn* 47:280–292
- Barni E, Freppaz M, Siniscalco C (2007) Interactions between vegetation, roots and soil stability in restored high-altitude ski runs in the Alps. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 39:25–33
- Bates D, Maechler M, Bolker B (2012) lme4: linear mixed-effects models using Eigen and S4. R package version 0.999999-0
- Baur B, Cremene C, Groza G, Schileyko AA, Baur A, Erhardt A (2007) Intensified grazing affects endemic plant and gastropod diversity in alpine grasslands of the Southern Carpathian mountains (Romania). *Biologia* 62:438–445
- Beenen R (2005) Flight muscles in *Galeruca tanacetii*. *Chrysomela* 45:16–17
- Bílá K, Kuras T, Šipoš J, Kindlmann P (2012) Lepidopteran species richness of alpine sites in high sudetes Mts.: effect of area and isolation. *J Insect Conserv* doi: 10.1007/s10841-012-9504-1
- Brandmayr P, Pizzolotto R, Scalerio S (2003) Overview: invertebrate diversity in Europe's alpine regions. In: Nagy L, Grabherr G, Körner Ch, Thompson DBA (eds) *Alpine biodiversity in Europe*. Ecological Studies, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, pp 234–237
- Burnham KP, Anderson DR (2002) Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach. Springer-Verlag, New York
- Caprio E, Chamberlain DE, Isaiia M, Rolando A (2011) Landscape changes caused by high altitude ski-pistes affect bird species richness and distribution in the alps. *Biological Conservation* 144:2958–2967
- Chapin FS III, Shaver GR, Giblin AE, Nadelhoffer KJ, Laundre JA (1995) Response of arctic tundra to experimental and observed changes in climate. *Ecology* 76:669–711
- Čížek P, Doguet S (2008) Key for the identification of the leaf beetles (Coleoptera: Chrysomelidae: Alticinae) of the Czech and Slovak Republics. Městské muzeum, Nové Město nad Metují
- Coldea G, Stoica IA, Puscas M, Ursu T, Oprea A (2009) Alpine-subalpine species richness of the Romanian Carpathians and the current conservation status of rare species. *Biodiversity and Conservation* 18:1441–1458
- de Jong YSDM (ed) (2012) Fauna Europaea version 2.5. Web Service available online at <http://www.faunaeur.org>. Accessed 20 Dec 2012
- Delgado R, Sánchez-Marañón M, Martín-García JM, Aranda V, Serrano-Bernardo F, Rosúa JL (2007) Impact of ski pistes on soil properties: a case study from a mountainous area in the Mediterranean region. *Soil Use and Management* 23:269–277
- Demek J, Kříž V (1994) Terénní cvičení z fyzické geografie (na příkladu Jeseníků a okolí). Ostravská univerzita v Ostravě, Ostrava
- Dieckmann L (1980) Beiträge zur Insektenfauna der DDR: coleoptera, Curculionidae (Brachycerinae, Otiiorhynchinae, Brachyderinae). *Beiträge zur Entomol* 30:145–310
- Dieckmann L (1986) Beiträge zur Insektenfauna der DDR: coleoptera, Curculionidae (Eirrhinae). *Beiträge zur Entomol* 36:119–181
- Foisner W, Franz H, Adam H (1982) Terrestrische Protozoen als Bioindikatoren im Boden einer planierten Ski-Piste. *Pedobiologia* 24:45–56
- Gavazov KS (2010) Dynamics of alpine plant litter decomposition in a changing climate. *Plant and Soil* 337:19–32
- Gillian LH, Wilson KR (2008) Patterns of small mammal density and survival following ski-runs development. *Journal of Mammalogy* 85:97–104
- Gobbi M, Rossaro M, Vater A, De Bernardi F, Delfini M, Brandmayr P (2007) Environmental features influencing Carabid beetle (Coleoptera) assemblages along a recently deglaciated area in the Alpine region. *Ecol Entomol* 32:628–689
- González-Mégias A, Gómez JM (2001) Adult and larval plant range and preferences in *Timarcha lugens* (Coleoptera: chrysomelidae): strict monophagy on an atypical host. *Annals of the Entomological Society of America* 94:110–115
- González-Mégias A, Gómez JM, Sánchez-Piñero F (2005) Regional dynamics of patchily distributed herbivore along an altitudinal gradient. *Ecol Entomol* 30:706–713
- Gordon JE, Dvořák I, Johansson CH, Josefsson M, Kociánová M, Thompson DBA (2002) Geo-ecology and management of sensitive montane landscape. *Geograf Ann* 84:193–203
- Grabherr G, Nagy L, Thompson DBA (2003) An outline of Europe's alpine areas. In: Nagy L, Grabherr G, Körner Ch, Thompson DBA (eds) *Alpine biodiversity in Europe*. Ecological Studies, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, pp 3–12
- Greenslade PJM (1964) Pitfall trapping as method for studying populations of Carabidae (Coleoptera). *Journal of Animal Ecology* 33:301–310
- Hadley GL, Wilson KR (2004a) Patterns of density and survival in small mammals in ski-runs and adjacent forest patches. *J Wildl Manag* 68:288–298
- Hadley GL, Wilson KR (2004b) Patterns of small mammal density and survival following ski-run development. *Journal of Mammalogy* 85:97–104
- Haslett JR (1991) Habitat deterioration on ski slopes: hoverfly assemblages (Diptera: Syrphidae) occurring on skied and unskied subalpine meadows in Austria. In: Ravera O (ed) *Terrestrial and aquatic ecosystems, perturbation and recovery*. Ellis Horwood, Chichester, pp 366–371
- Haslett JR (1997) Insect communities and the spatial complexity of mountain habitats. *Glob Ecol Biogeogr Lett* 6:49–56
- Heal OW, Callaghan TV, Cornelissen JHC, Körner C, Lee SE (eds) *Global change in Europe's cold regions*. *Ecosyst Res Rept* 27: 65–134
- Hédli R, Houška J, Banaš M, Zeidler M (2012) Effect of skiing and slope gradient on topsoil prosperities in alpine environment. *Pol J Ecol* 60:491–501
- Hill MO, Gauch HG (1980) Detrended correspondence analysis, an improved ordination technique. *Vegetatio* 42:47–58
- Holland EA, Braswell BH, Sulzman J, Lamarque JF (2005) Nitrogen deposition onto the United States and western Europe: synthesis of observations and models. *Ecological Applications* 15:38–58
- Huber Ch, Baumgarten M (2005) Early effect of forest regeneration with selective and small scale clear-cutting on ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in a Norway spruce stand in Southern Bavaria (Höglwald). *Biodiversity and Conservation* 14:1989–2007
- Hůrka K (1996) Carabidae of the Czech and Slovak Republics – Illustrated key. Kabourek, Zlín
- Hůrka K, Veselý P, Farkač J (1996) Využití střevlíkovitých (Coleoptera: carabidae) k indikaci kvality prostředí. *Klapalekiana* 32:15–26
- Illich IP, Haslett JR (1994) Response of assemblages of Orthoptera to management and use of ski slopes on upper sub-alpine meadows in the Austrian Alps. *Oecologia* 97:470–474
- Isselin-Nondedeu F, Bédécarrats A (2007) Influence of alpine plants growing on steep slopes on sediment trapping and transport by runoff. *Catena* 71:330–339
- Jolivet P (2005) *Timarcha* Latreille (Coleoptera: Chrysomelidae, Chrysomelinae). In: Capinera JL (ed), *Encyklopedia of Entomology*, pp 2269–2666

- Jučena D, Týr V, Bezděk A (2008) Contribution to the faunistic research on Scarabaeoidea (Coleoptera) in the Czech Republic and Slovakia. *Klapalekiana* 44 (Suppl.):17–176
- Kaluz S (2005) Soil and soil mites (Acari) of the ski slope in Nízké Tatry Mts. *Ekologia* 24:200–213
- Kangas K, Tolvanen A, Kälkälä T, Siikamäki P (2009) Ecological impact of revegetation and management practices of ski slopes in Northern Finland. *Environ Manag* 44:408–419
- Kessler T, Cierjacks A, Ernst R, Dziöck F (2012) Direct and indirect effect of ski run management on alpine Orthoptera. *Biodiversity and Conservation* 21:281–296
- Khobrakova LT, Sharova IK (2005) Life cycles of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) from the mountain taiga and mountain forest-steppe in the eastern Sayan. *Biological Bulletin* 32:571–575
- Konvicka M, Maradova M, Benes J, Fric Z, Kepka P (2003) Uphill shifts in distribution on butterflies in the Czech Republic: effects of changing climate detected on a regional scale. *Global Ecol Biogeogr* 12:403–410
- Körner C (2003) *Alpine plant life*, 2nd edn. Springer, Berlin
- Kubota H, Shimano K (2010) Effect of ski resort management on vegetation. *Landscape Ecol Eng* 6:61–74
- Kuhn M (2001) The nutrient cycle through snow and ice, a review. *Aquatic Sciences* 63:150–167
- Kuras T, Benes J, Fric Z, Konvicka M (2003) Dispersal patterns of endemic alpine butterflies with contrasting population structures: *erebia epiphron* and *E. sudetica*. *Pop Ecol* 45:115–123
- Kuras T, Sitek J, Liška J, Mazalová M, Černá K (2009) Motýli (Lepidoptera) národní přírodní rezervace Praděd (CHKO Jeseníky): implikace poznatků v ochraně území. *Čas. Slez. Muz. Opava (A)* 58:250–288
- Laibner S (2000) Elateridae of the Czech and Slovak Republics. Kabourek, Zlín
- Lednický V (1985) Podnebí Praděda. *Sev Morav* 49:44–48
- Lindroth CH (1992a) Ground beetles (Carabidae) of Fennoscandia. A zoogeographic study. Part I. Specific knowledge regarding the species, Smithsonian Institution Libraries and the National Science Foundation, Washington
- Lindroth CH (1992b) Ground beetles (Carabidae) of Fennoscandia. A zoogeographic study. Part III. General analysis with a discussion on biogeographic principles, Smithsonian Institution Libraries and the National Science Foundation, Washington
- Lövei GL, Sunderland KD (1996) Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: carabidae). *Annual Review of Entomology* 41:231–236
- Mackenzie D (1989) Alpine countries seek controls on skiers, builder and roads. *New Sci* 124(1686):22
- Mani MS (1968) *Ecology and Biogeography of High Altitude Insects*. W. Junk, Hague
- Martínková Z, Honěk A (2004) *Gastrophysa viridula* (Coleoptera: chrysomelidae) and biocontrol of *Rumex*—a review. *Plant Soil Environ* 50:1–9
- Mason NWH, MacGillivray K, Steel JB, Wilson JB (2003) An index of functional diversity. *Journal of Vegetation Science* 14:571–578
- Mason NWH, Mouillot D, Lee WG, Wilson JB (2005) Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. *Oikos* 111:112–118
- Matalin AV (2007) Typology of life cycles of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in western palearctic. *Entomol Rev* 87:947–972
- Meyer E (1999) The impact of summer and winter tourism on the fauna of alpine soils in Western Austria (Oetztal Alps, Ratikon). *Revue Suisse de Zoologie* 100:519–527
- Nagy L, Grabherr G (2009) *The biology of alpine habitats*. Oxford University Press, Oxford
- Nagy L, Grabherr G, Körner C, Thompson DBA (eds) (2003) *Alpine biodiversity in Europe*. Springer, Berlin
- Negro M, Casale A, Migliore L, Palestini C, Rolando A (2007) The effect of local anthropogenic habitat heterogeneity on assemblages of carabids (Coleoptera, Caraboidea) endemic to the Alps. *Biodiversity and Conservation* 16:3919–3932
- Negro M, Isaia M, Palestini C, Rolando A (2009) The impact of forest ski-pistes on diversity of ground-dwelling arthropods and small mammals in the Alps. *Biodiversity and Conservation* 18:2799–2821
- Negro M, Isaia M, Palestini C, Schoenhofer A, Rolando A (2010) The impact of high-altitude ski pistes on ground-dwelling arthropods in the Alps. *Biodiversity and Conservation* 19:1853–1870
- Negro M, Novara C, Bertolino S, Rolando A (2013) Ski-pistes are ecological barriers to forest small mammals. *Eur J Wild Res* 59:57–67
- Niemelä J, Koivula M, Kotze JH (2007) The effects of forestry on carabid beetles (Coleoptera: carabidae) in boreal forests. *Journal of Insect Conservation* 11:5–18
- Papp RP (1978) A nival aeolian ecosystem in California. *Arctic and Alpine Research* 10:17–131
- Pintar M, Mali B, Kraigher H (2009) The impact of ski slopes management on Krvavec ski resort (Slovenia) on hydrological functions of soils. *Biologia* 64(3):639–642
- Pohl M, Alig D, Körner Ch, Rixen C (2009) Higher plant diversity enhances soil stability in disturbed alpine ecosystem. *Plant and Soil* 324:91–102
- Rainio J, Niemelä J (2003) Ground beetles (Coleoptera: carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and Conservation* 12:487–506
- Ries BJ (1996) Landscape damage by skiing at the Schauinsland in the Black Forest, Germany. *Mt Res Dev* 16:27–40
- Ristić R, Kašanin-Grubin M, Radić B, Nikić Z, Vasiljević N (2012) Land degradation at the Stara Planina ski resort. *Environ Manag* 49:580–592
- Rixen C, Stoeckli V, Ammann W (2002) Does artificial snow production affect soil and vegetation of ski pistes? A review. *Perspect Plant Ecol Evol Syst* 5:219–230
- Rixen C, Haeblerli W, Stoeckli V (2004) Ground temperature under ski pistes with artificial and natural snow. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research* 36:419–427
- Rolando A, Caprio E, Rinaldi E, Ellena I (2007) The impact of high-altitude ski-runs on alpine grassland bird communities. *Journal of Applied Ecology* 44:210–219
- Rolando A, Negro M, D'Entrèves PP, Balletto E, Palestini C (2012) The effect of forest ski-pistes on butterfly assemblages in the Alps. *Insect Conserv Divers*. doi:10.1111/j.1752-4598.2012.00204.x
- Roux-Fouillet P, Wipf S, Rixen C (2011) Long-term impacts of ski piste management on alpine vegetation and soils. *Journal of Applied Ecology* 48:906–915
- Sanecki GM, Green K, Wood H, Lindenmayer D (2006) The implications of snow-based recreation for small mammals in the subnivean space in south-east Australia. *Biological Conservation* 129:511–518
- Schmidová T, Hajný L, Halfar J, Chlapek J (2009) Chráněná krajinná oblast Jeseníky. *Ochrana přírody* 64(3):2–6
- Schmitt T, Hewitt GM, Müller P (2006) Disjunct distributions during glacial and interglacial periods in mountain butterflies: *erebia epiphron* as an example. *Journal of Evolutionary Biology* 19:108–113
- Schöb C, Kammer PM, Choler P, Veit H (2009) Small-scale plant species distribution in snowbeds and its sensitivity to climate change. *Plant Ecology* 200:91–104
- Simons P (1988) Après ski le deluge. *New Sci* 117(1595):49–52
- Smerczyński S (1968) Klucze do oznaczania owadów Polski, Część XIX, Chrząszcze—Coleoptera. *Zeszyt* 98c, Ryjkwocze-

- Curculionidae. Podrodziny Tanymericinae, Cleoninae, Tanyrhynchinae, Hylobiinae. PWN, Warszawa
- Sømme L, Conradi-Larsen EM (1977) Cold-hardiness of collembolans and oribatid mites from windswept mountain ridges. *Oikos* 29:118–126
- Spence JR, Niemelä JK (1994) Sampling ground beetle assemblages with pitfall traps: the madness and the method. *Can Entomol* 126:881–894
- Stanovský J, Pulpán J (2006) Střevlíkovití brouci Slezska (severovýchodní Moravy). Muzeum Beskyd, Frýdek-Místek
- Strong AM, Dickert CA, Bell RT (2002) Ski trail effect on beetle (Coleoptera: carabidae, Elateridae) community in Vermont. *Journal of Insect Conservation* 6:149–159
- Štursa J (1998) Research and management of the Giant Mountain's arctic-alpine tundra (Czech Republic). *Ambio* 27:358–360
- Šustek Z (2006) Carabid communities of alpine and subalpine ecosystems of West Carpathians. Muz Olten Drakova. *Stud Comun. Stiintele Natur* 22:138–147
- ter Braak CJF (1986) Canonical correspondence analysis: a new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology* 67:1167–1179
- ter Braak CJF, Šmilauer P (2002) CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA
- Thiel D, Jenni-Eiermann S, Braunisch V, Palme R, Jenni L (2008) Ski tourism affects habitat use and evokes a physiological stress response in capercaillie *Tetrao urogallus*: a new methodical approach. *Journal of Applied Ecology* 45:545–853
- Thomas CFG, Parkinson L, Marshall EJP (1998) Isolating the component of activity-density for the carabid beetle *Pterostichus melanarius* in farmland. *Oecologia* 116:103–112
- Tierney GL, Fahey TJ, Groffman PM, Hardy JP, Fitzhugh RD, Driscoll CT (2001) Soil freezing alters fine root dynamics in a northern hardwood forest. *Biogeochem* 56:175–190
- Titus JH, Landau F (2003) Ski slope vegetation of Lee Canyon, Nevada, USA. *Southwest Nat* 48:491–504
- Titus JH, Tsuyuzaki S (1998) Ski slope vegetation at Snoqualmie Pass, Washington State, USA, and comparison with ski slope vegetation in temperate coniferous forest zone. *Ecological Research* 13:97–104
- Treml V, Banas M (2008) The effect of exposure on alpine treeline position: a case study from High Sudetes, Czech Republic. Arctic, Antarctic, and Alpine Research 40:751–760
- Warchalowski (1973) Stonkowate - Coleoptera. Podrodziny Chrysomelinae i Galerucinae. Klucze do oznaczania owadów Polski. XIX, 94b. Warszawa
- Watson A, Moss R (2004) Impacts of ski-developments on ptarmigan (*Lagopus mutus*) at Cairn Gorm, Scotland. *Biological Conservation* 116:267–275
- Wipf S, Rixen C, Fischer M, Schmid B, Stoeckli V (2005) Effects of ski piste preparation on alpine vegetation. *Journal of Applied Ecology* 42:306–316
- Zuazo VHD, Pleguezuelo CRR (2008) Soil-erosion and runoff prevention by plant covers. A review. *Agron Sustain Dev* 28:65–86

Příspěvek V

Kašák J., Mazalová M., Šipoš J. et Kuras T.: (rukopis) Dwarf pine - invasive plant threatens biodiversity of alpine beetles. (Biodiversity and Conservation, přijato k tisku).

Dwarf pine - invasive plant threatens biodiversity of alpine beetles

J. Kašák · M. Mazalová · J. Šipoš · T. Kuras

J. Kašák (corresponding author)

Department of Zoology, Faculty of Science, Palacký University in Olomouc,
17. listopadu 50, 779 00 Olomouc, Czech Republic;

Department of Forest Protection and Wildlife management, Faculty of Forestry and Wood Technology, Mendel
University in Brno,

Zemědělská 3, 613 00 Brno, Czech Republic

e-mail: abovic@seznam.cz

M. Mazalová · T. Kuras

Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacký University in Olomouc,
Šlechtitelů 11, 783 71 Olomouc – Holice, Czech Republic

J. Šipoš

Department of Biology and Ecology, Faculty of Science, University of Ostrava,
Chittussiho 10, 710 00, Ostrava, Czech Republic

Abstract Despite their small extent, alpine ecosystems belong to the most valuable, yet highly threatened natural biotopes worldwide. Alpine habitats are endangered particularly by anthropogenic influences and climate change as well as invasions of non-native plants. Although plant invasions are regarded as one of the most serious threats to biodiversity globally, the knowledge of their impact on the arthropod assemblages of alpine environments is virtually absent. Therefore, we studied the effects of the non-native dwarf pine *Pinus mugo* on a model group of carabid beetles in the alpine zone of the Hrubý Jeseník Mts., Czech Republic. We evaluated the effects of age, cover and distance from dwarf pine stands on the community structure and the functional diversity of the Carabidae. The majority of the species significantly declined in abundance with increasing age and cover of dwarf pine stands. Species surviving there were typically food generalists associated with the forest environment. In contrast, carabids with high conservation value bound to open habitats (e.g., *Amara erraticata* and *Carabus sylvestris*) decreased in dwarf pine areas as well as food specialists (e.g., *Cychrus caraboides*) and large forest species in the genus *Carabus*. The decline in abundance of carnivorous species may be a consequence of the similar decline in herbivores dependent on the native vegetation. Concurring with this interpretation, abundance of many herbivorous species (e.g. *Amara* spp.) decreased within pine stands. The negative effect of dwarf pine stands on the community structure of montane carabids was also apparent in changes of functional diversity. Age and cover of dwarf pine significantly decreased functional richness and divergence of carabid trophic groups. Considering the small area of alpine tundra in the Central European mountain ranges, the expansive dwarf pine represents a serious threat to this unique montane biodiversity. Therefore we recommend the immediate reduction or removal of non-native dwarf pine stands.

Key words Alpine ecosystems; Carabidae; Coleoptera; functional diversity; Hrubý Jeseník Mts.; *Pinus mugo*

Introduction

Alpine ecosystems belong to the most endangered environments globally (Nagy and Grabherr 2009). The fragmented character of high altitude habitats in the European mountain ranges has caused long-lasting isolation and the development of specific communities with many endemic taxa of plants and animals (Nagy et al. 2003). Unique alpine communities are

threatened, particularly by climate change and anthropogenic activities (Nagy and Grabherr 2009). The current deterioration of alpine ecosystems may be accelerated by expansion of non-native species (Dainese et al. 2014), which is considered to be one of the most destructive threats for biodiversity worldwide (Vilà et al. 2011). The Hrubý Jeseník Mts., Czech Republic, provide an ideal environment to explore the effects of invasive species on indigenous alpine communities. This highly biodiverse Central European mountain range is characterised by isolated patches of arcto-alpine tundra (Bílá et al. 2013). Their isolation makes them more vulnerable to invasive species such as allochthonous dwarf pine, *Pinus mugo* Turra (Tremel et al. 2010).

Pinus mugo s. str. is native to some mountain ecosystems of Central and South-East Europe, whereas in other European mountains (e.g. Harz, Schwarzwald and Hrubý Jeseník) it is naturally absent (Hamerník and Musil 2007). Although trees and shrubs generally spread into open alpine habitats by both natural and human-mediated means (Titus and Tsyuzaki 2003; Solár and Janiga 2013), dwarf pine is considered as one of the most successful colonist of alpine zones (Dullinger et al. 2003). The expansion of dwarf pine into open habitats is not only documented within its former area of distribution (Dullinger et al. 2003; Solár and Janiga 2013), but also in regions where the species was introduced (Dullinger et al. 2003; Tremel et al. 2010). Presently, dispersal of shrubs into alpine zones is boosted by current climate changes (Dullinger et al. 2003; Solár and Janiga 2013) and through the lack of competition in treeless habitats (Maron and Vilà 2001).

Several recent papers have shown that dwarf pine substantially modifies the environmental conditions of alpine habitats, for instance by depriving the nearby meadows of sunlight (Pornaro et al. 2013). Dwarf pine plantations also influence the soil conditions, e.g. thickness of soil organic layer, its acidity and nutrient content (Svoboda 2001; Zeidler et al. 2012). The colder microclimate within dwarf pine stands slows the decomposition rate which enhances the accumulation of litter and acidification of the upper soil horizon (Svoboda 2001). Consequently, both biodiversity and abundance of vascular plants dramatically decrease in plots where dwarf pine predominates (Zeidler et al. 2012; Pornaro et al. 2013). As vascular plants constitute the basis of terrestrial food chains, the above mentioned changes may affect both herbivore communities and their predators such as carabid beetles (Thiele 1977; Harvey et al. 2008).

There is extensive literature on the influences of dwarf pine on vegetation, but studies dealing with its impact on invertebrates are scarce. Reiprich's (2001) study concerning the host specificity of Slovakian species of Lepidoptera reported that, compared with other woody plants, dwarf pine represents only a little-attractive food resource for phytophagous lepidopteran larvae, even in the region where it is native. Kuras et al. (2001) stressed that the expansion and planting of dwarf pine represents a serious threat to endemic alpine butterflies such as *Erebia sudetica* and *E. epiphron*. Besides, studies from the Giant Mts. and the Dolomites have shown that the abundance of epigeic spiders is lower in dwarf pine habitats than in open alpine ones, this trend being especially apparent in bioindicators of alpine environments (Zingerle 1997; Kůrka and Vaněk 2001). Šustek (2007) found a substantial change in the community structure of carabid beetles along an altitudinal gradient in the Tatra Mts. Endangered carabids of alpine and subalpine habitats do not occur in dwarf pine habitats or reach lower abundances than in open tundra (Materna et al. 2010). The absence of dwarf pine noticeably boosts the biodiversity of alpine habitats; in Hrubý Jeseník Mts., its absence appears to be the key factor for the formation of High Sudetes invertebrates' biodiversity hot spot (see Bílá et al. 2013). Our research was performed in an area where non-native *Pinus mugo* was introduced in the 1860s (Jeník and Hampel 1992) and is still expanding (Tremel et al. 2010).

Based on results from other studies focused on effects of invasive plants on arthropod communities (e.g. Anthelme et al. (2001), Topp et al. (2008), Roháčová and Drozd (2009) and Brigić et al. (2014)), we assumed a strong effect of *Pinus mugo* on our model group of Carabidae, a beetle family with high bioindicator value (Rainio and Niemelä 2003). We tested (i) parameters of introduced dwarf pine stands in relation to individual species and the whole assemblage of carabids, and (ii) trends in the proportion of individual functional groups of beetles and functional diversity (*sensu* Mason et al. 2005) along a gradient from indigenous alpine tundra to non-native dwarf pine stands. Based on the results obtained we discuss the conservation implications for the management of valuable and threatened alpine habitats of European mountains. To our knowledge, our research is the first study focused on the effect of allochthonous plant expansion in the alpine zone on both species level and functional diversity (FD) of invertebrates.

Methods

Study sites

The study was performed in the second highest Central European Hercynian mountain range, the Hrubý Jeseník Mts. (Czech Republic) (*sensu* Nagy et al. 2003). Dwarf pine is a non-native species in the Hrubý Jeseník Mts.; its planting started in 1860 to prevent erosion (Jeník and Hampel 1992). Currently the treeless zone covers an area of 11 km² and the planted dwarf pine stands total 2 km² (Tremel and Banaš 2008). However, in particular alpine islands dwarf pine has spread considerably and already covers 35 % of the original treeless zone (Zeidler et al. 2012).

We studied three localities (Keprník Mt., Malý Kotel Cirque and Petrovy Kameny Mt. – see Fig. 1) above the alpine treeline (Tremel and Banaš 2008; Zeidler et al. 2012) at altitudes between 1200 and 1440 m a.s.l. The climate is cold, with mean temperatures varying from 6.6°C in the coldest month (January) to 9.5°C in the warmest month (August). The long-term annual average rainfall is 1200 – 1300 mm and 200 rainy days per year on average. Snow cover lasts about 180 days, typically from the end of October to mid-May (Demek and Kříž 1994). The study area is characterised by six distinctive vegetation types: (i) alpine grasslands and heathlands with *Avenella flexuosa* and *Calluna vulgaris* (= *Avenella*), (ii) alpine dwarf vegetation with *Vaccinium myrtillus* (= *Vaccinium*), (iii) subalpine tall grassland with *Calamagrostis villosa* (= *Calamagrostis*), (iv) subalpine tall forbs vegetation with *Athyrium distentifolium* (= *Athyrium*), (v) dwarf pine with *Pinus mugo* (= Dwarf pine) and (vi) alpine treeline of montane spruce *Picea abies* (= *Picea*).

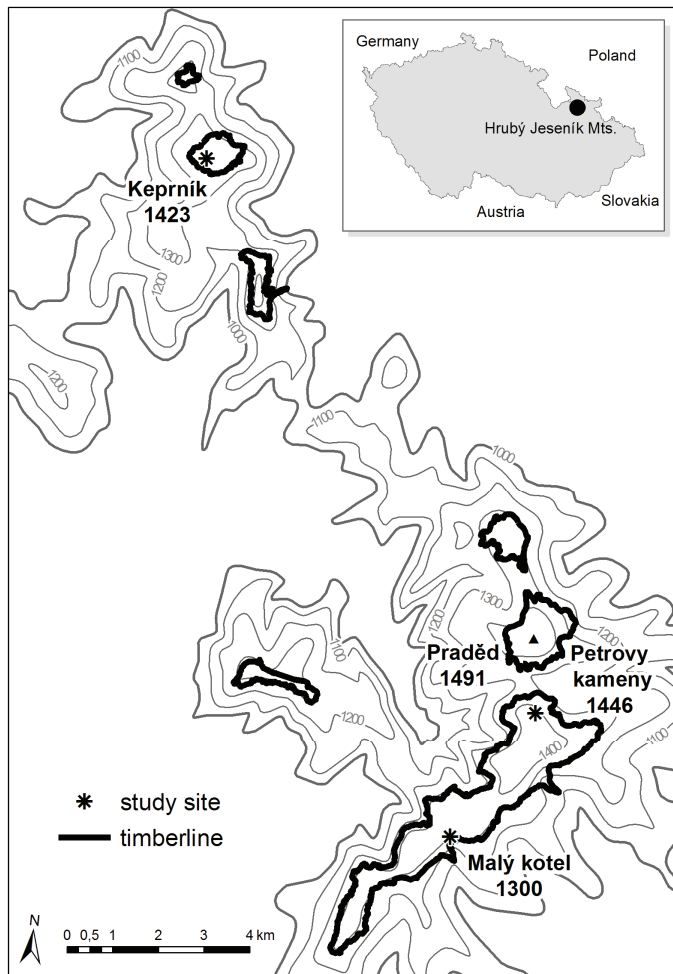


Fig. 1 Location of study sites in the Hrubý Jeseník Mountains, Czech Republic

Field sampling

Carabids were sampled using pitfall traps (8 cm in diameter, 15 cm deep; filled to one third with 4% formaldehyde solution), a standard method used to sample epigeic invertebrates (Spence and Niemelä 1994). We placed one pitfall trap in the centre of each sample plot defined as a circle of ca. 1000 m². The minimum distance between two traps was 40 m and the sampled area covered 30 ha in total. Altogether we used 131 traps, 50 of them were installed on the Keprník Mt., 27 in the Malý Kotel Cirque (i.e., type of glacial landform, an amphitheatre-like valley head, formed at the head of a valley glacier by erosion) and the remaining 54 sampled on the Petrovy Kameny Mt.; 64 traps in total sampled in dwarf pine stands, and the remaining 67 traps were placed randomly in predominant vegetation types of adjacent tundra: *Avenella* (16 traps), *Athyrium* (9), *Calamagrostis* (17), *Picea* (9) and *Vaccinium* (16). The traps were placed in dwarf pine areas of different age and cover, whereas the “tundra traps” were placed in the alpine habitats with varying distances from the edge of the dwarf pine stands. The nearest distance from each trap to the edge of the dwarf pine stand was recorded. Beetles were sampled from 2005 to 2012 (Petrovy Kameny Mt. – 2005; Malý Kotel Cirque – 2006, 2007; Keprník Mt. – 2009, 2010, 2012); pitfall traps were set out in early June and the contents collected at approximately four-week intervals, with the last collection in early October. Each sample was preserved in 95% ethanol. All ground beetles (Carabidae) were identified to the species level using updated standard keys (Hůrka 1996). The nomenclature follows de Jong (2012).

Vegetation characteristics

The explanatory variables of vegetation type were coded as categorical variables (Athyrum, Avenella, Calamagrostis, Picea or Vaccinium). The explanatory variables of dwarf pine were coded as a continuous variables; age of dwarf pine (= Age) and its cover in the sample plot (= Cover). The third variable was measured individually for each trap in the native habitats as the distance from the nearest edge of the dwarf pine stand (= Distance). The age of dwarf pine stands was estimated from the largest individuals found in each sample plot by sectioning it as close to root collar as possible (rings were counted under the stereoscope). The proportional cover of dwarf pine canopy and distance were estimated for each sample plot with GIS analysis using Arc-View 3.1. Only the traps with similar distances from the dwarf pine edge (symmetrically on each side, i.e. both “tundra” traps and “dwarf pine” traps) were included in the analyses of FD.

Beetle characteristics

Species-specific functional characteristics were defined based on information on body size (mean length in mm), wing form, trophic group, habitat association, humidity requirement and classification of relictiness, following Ribera et al. (1999), Kotze and O’Hara (2003) and Brigić et al. (2014). Species’ characteristics were compiled from published information (Thiele (1977), Lindroth (1992a, b), Hůrka (1996), Stanovský and Pulpán (2006), Lundgren (2009)), complemented with information from specialists (Appendix 1). The characteristics were defined as follows: body size as mean length in mm; wing form as macropterous (long wings), brachypterous (short or no wings) or dimorphic (both wing forms present); trophic groups as carnivores (obligate and predominantly carnivorous species), omnivores (feeding on plant and animal parts), or herbivores (consuming predominantly plants; only occasionally carnivorous e.g. *Amara* species) whereby carnivores and herbivores were further divided into generalists and specialists; habitat association as forest specialists, open-habitat specialists or habitat generalists; moisture requirement as hygrophilous (strictly hygrophilous species found in wet habitats, e.g., stream margins), meso-hygrophilous (preferring mostly humid habitats), mesophilous (indefinite or euryhydric), or meso-xerophilous (found mostly in dry habitats, e.g., heathland). All species were divided into three groups according to their ability to deal with environmental changes following Hůrka et al. (1996) as either relicts (restricted to natural, undisturbed habitats), adaptive (able to colonise both undisturbed and moderately disturbed habitats), or eurytopic (capable of colonizing heavily anthropogenic disturbed sites).

Data arrangement

Each trap was considered to be independent; the number of individuals of each species per sample was converted to the number of individuals caught per sampling day (relative abundance). Therefore, the response variables used were (i) the total relative abundance of beetles and (ii) the relative abundances of individual species. Since epigeic beetle assemblages are strongly affected by phenology and location (Rainio and Niemelä 2003), we treated each locality, inclination and dates of the sample collection (as the rank of the week from the beginning of the year) as covariables.

Multivariate analysis

Depending on the results of detrended correspondence analysis (DCA) a canonical correspondence analysis (CCA) was used (ter Braak and Šmilauer 2002) to relate gradients in

species composition and abundances to external predictors and to test the importance of these predictors. The data were standardised and centred by samples, Monte-Carlo permutation test was used (5000 permutations) and blocks of data were defined by covariables. A forward selection procedure was used to test the environmental variables. We used generalized linear models (GLM) with Poisson distribution and log link function to assess the impact of the single factors "Age, Cover and Distance" on each species separately. All analyses were conducted with CANOCO, v. 4.5 (ter Braak and Šmilauer 2002).

Multiple log-linear regression and species attributes

We tested the effect of dwarf pine characteristics on species abundance and diversity by repeated-measures on pitfall traps with a nested design. All 131 traps were nested in each of the three study sites. The period of trap sampling was used as within sampling point effect. Therefore we used mixed models to estimate the correct error term and the degrees of freedom. The relationships between species abundance of ground beetles as a response variables and the effect of dwarf pine were examined using generalized linear mixed model (GLMM) (glmmPQL, part of MASS package) with a negative binomial error distribution and log link function (Bates et al. 2012). The mixed model with multiple random-effect terms was run with random effect defined as: a) sampling sites (pitfall traps) nested with location; b) date of sampling and c) year of experiment. Each dwarf pine characteristic was used as a fixed effect. We used F-tests to determine the significance of each variable since it is a robust test for over-dispersed data. Data were analyzed using R software (R Development Core Team 2011).

Functional diversity analyses

To date, relatively little is known about the functional consequences of a plant invasion for arthropod assemblages. FD relates to the functional interactions of organisms with their environment, in this case, how species of different functional groups of beetles (i.e., herbivores, carnivores etc.) respond to the spread of a non-native plant species. FD can be defined as the range, dispersion, and relative abundance of functional traits of organisms in a given ecosystem (Mouchet et al. 2010). According to Mason et al. (2005), FD is comprised of different components, complementary to each other and analogous to species diversity.

Therefore, we calculated functional diversity (FD) using an approach of three indices representing the three fundamental components of FD (*sensu* Mason et al. 2005, Mouchet et al. 2010): a) functional richness which indicates the amount of functional space occupied by a species of the given assemblage; b) functional evenness which describes how regularly species abundances are distributed in the functional space; and c) functional divergence which defines how far high species abundances are from the centre of functional space (Mouchet et al. 2010).

To calculate FD we selected species traits divided into two groups appropriate to predict the habitat niche (habitat preference, wing morphology and moisture requirement) or the trophic niche (trophic group, food specialization and body size). Finally, we analysed functional diversity of the epigeic beetle assemblage by using functional diversity indices, according to Mason et al. (2005). The dependent variables were square root transformed. The indices were calculated individually for each trap with all five sample periods pooled to obtain value for each index. We then depicted and tested the curves fitting the trend of each index in relation to dwarf pine by regression, using a Gaussian distribution of error variance. Standard errors were corrected using a quasi-likelihood function.

Results

We sampled 5,498 individuals belonging to 46 species (see Appendix 1). The most abundant ones were *Pterostichus unctulatus* with 1,717 individuals and *Carabus sylvestris* with 948 individuals, followed by *Calathus micropterus*, *Carabus linnaei*, *Cychrus caraboides*, *Pterostichus diligens* and *P. oblongopunctatus*, all with more than 200 specimens in total. In general, species associated with natural or semi-natural mountain habitats predominated in the assemblage of carabids. The assemblage contained also species of high conservation value bound to the native montane ecosystems, e.g., the boreo-montane or montane relicts *Amara erratica*, *Carabus sylvestris* and endemic *Pterostichus rufitarsis cordatus*.

Community patterns of ground beetles

CCA model to determine relationships between ground beetle species and environmental factors ($F = 3.618$, $P < 0.001$ for all canonical axes) revealed that all vegetation types significantly explained the variability in species data (Calamagrostis $F = 6.67$, $P < 0.001$; Avenella $F = 3.62$, $P = 0.001$; Vaccinium $F = 1.53$, $P = 0.007$; Picea $F = 1.32$, $P = 0.018$; Athyrium $F = 2.23$, $P = 0.001$) and dwarf pine (Cover $F = 7.32$, $P = 0.001$; Distance $F = 4.37$, $P = 0.001$; Age $F = 1.55$, $P = 0.03$) all with significant effect (Fig. 2). The longest gradient of species data in the CCA biplot is along the horizontal canonical axis (Fig. 2) and corresponds to the environment changes from the dwarf pine and spruce (*Picea*) sites to open alpine ones (*Avenella*). Forest species predominate on the left part of the ordination diagram (*Carabus auronitens*, *C. linnaei*, *Leistus piceus* and *Pterostichus unctulatus*), whereas open habitat species and generalists are mainly clustered on the opposite side (*Amara erratica*, *Calathus melanocephalus*, *Carabus sylvestris*, *Poecilus versicolor*, *Pseudoophonus rufipes* and *Pterostichus diligens*).

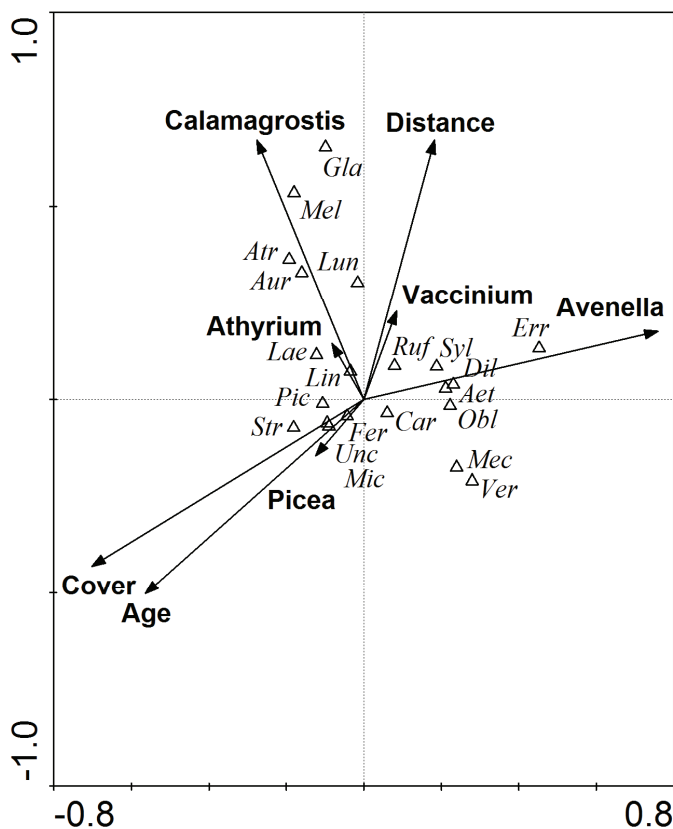


Fig. 2 CCA biplot of environmental variables (dwarf pine features and vegetation types) and distribution of carabid beetles in alpine tundra of Hrubý Jeseník Mts. Only species with abundance > 10 are depicted. The beetle names are denoted by triangles with correspondent abbreviations: *Amara erratica* (Err), *Amara lunicollis* (Lun), *Calathus melanocephalus* (Mec), *Calathus micropterus* (Mic), *Carabus auronitens* (Aur), *Carabus glabratus* (Gla), *Carabus linnaei* (Lin), *Carabus sylvestris* (Syl), *Cychrus caraboides* (Car), *Leistus ferrugineus* (Fer), *Leistus piceus* (Pic), *Patrobus atrorufus* (Atr), *Poecilus versicolor* (Ver), *Pterostichus aethiops* (Aet), *Pterostichus diligens* (Dil), *Pterostichus oblongopunctatus* (Obl), *Pseudoophonus rufipes* (Ruf), *Pterostichus unctulatus* (Unc), *Trechus striatulus* (Str) and *Trichotichnus laevicollis* (Lae)

Functional groups of ground beetles and their responses to dwarf pine characteristics

The assemblage of carabids consisted of 19 forest species, 9 generalist and 18 open habitat species. Three different trophic strategies were represented; carnivorous (29 species), herbivorous (12), and omnivorous (5), with nine species showing a particular level of food specialization. The results of functional diversity analyses indicated that all three parameters of dwarf pine stands, i.e. age, cover and distance from dwarf pine significantly changed the composition and structure of certain functional groups of beetles (Table 1). Both functional richness and divergence of trophic groups visibly declined with increasing age and dwarf pine cover (Table 1, Fig. 3a, b). Furthermore, increasing distance from the dwarf pine stands enhanced functional divergence of trophic groups (Table 1, Fig. 3c). In other words, the diversity of feeding habits was higher in the alpine tundra than in the dwarf pine stands. Also, both functional richness and divergence of groups with different habitat association were affected by cover and distance of the dwarf pine stands (Table 1, Fig. 3d, e, f). The maximum functional richness of habitat groups was found in plots with moderate cover of dwarf pine (Fig. 3e). Furthermore, functional richness also increased with the distance from the dwarf pine stands (Fig. 3d). In contrast, functional divergence of habitat groups declined towards the native tundra (Fig. 3f).

Table 1 Functional diversity of carabid beetles (*sensu* Mason et al. 2005) related to crucial dwarf pine characteristics

Dwarf pine and species traits	Functional diversity		
	Richness	Divergence	Evenness
Age and habitat association	$y = -0.0012x + 0.2299$ $R^2 = 0.0408^{ns}$	$y = -0.0013x + 0.7718$ $R^2 = 0.0123^{ns}$	$y = -0.0004x + 0.6101$ $R^2 = 0.0016^{ns}$
Age and trophic group	$y = -0.0015x + 0.19$ $R^2 = 0.0747^*$	$y = -0.0008x + 0.6767$ $R^2 = 0.006^{ns}$	$y = -0.0005x + 0.5757$ $R^2 = 0.0024^{ns}$
Cover and habitat association	$y = -0.2605x^2 + 0.2232x + 0.1541$ $R^2 = 0.032^*$	$y = 0.011x + 0.7141$ $R^2 = 0.0003^{ns}$	$y = -0.0365x + 0.6331$ $R^2 = 0.0048^{ns}$
Cover and trophic group	$y = -0.136x^2 + 0.1088x + 0.1139$ $R^2 = 0.0091^{ns}$	$y = -0.1721x + 0.7417$ $R^2 = 0.0883^{***}$	$y = -0.0399x + 0.5911$ $R^2 = 0.0054^{ns}$
Distance and habitat association	$y = 0.0035x + 0.19$ $R^2 = 0.055^*$	$y = -0.0061x + 0.6879$ $R^2 = 0.055^{***}$	$y = 0.0028x + 0.606$ $R^2 = 0.015^{ns}$
Distance and trophic group	$y = 0.0036x + 0.1344$ $R^2 = 0.068^{ns}$	$y = 0.0104x + 0.6817$ $R^2 = 0.176^{***}$	$y = -0.0011x + 0.5511$ $R^2 = 0.002^{ns}$

^a ^{***} $p < 0.001$; ^{**} $p < 0.01$; ^{*} $p \leq 0.05$; ^{ns} - not significant

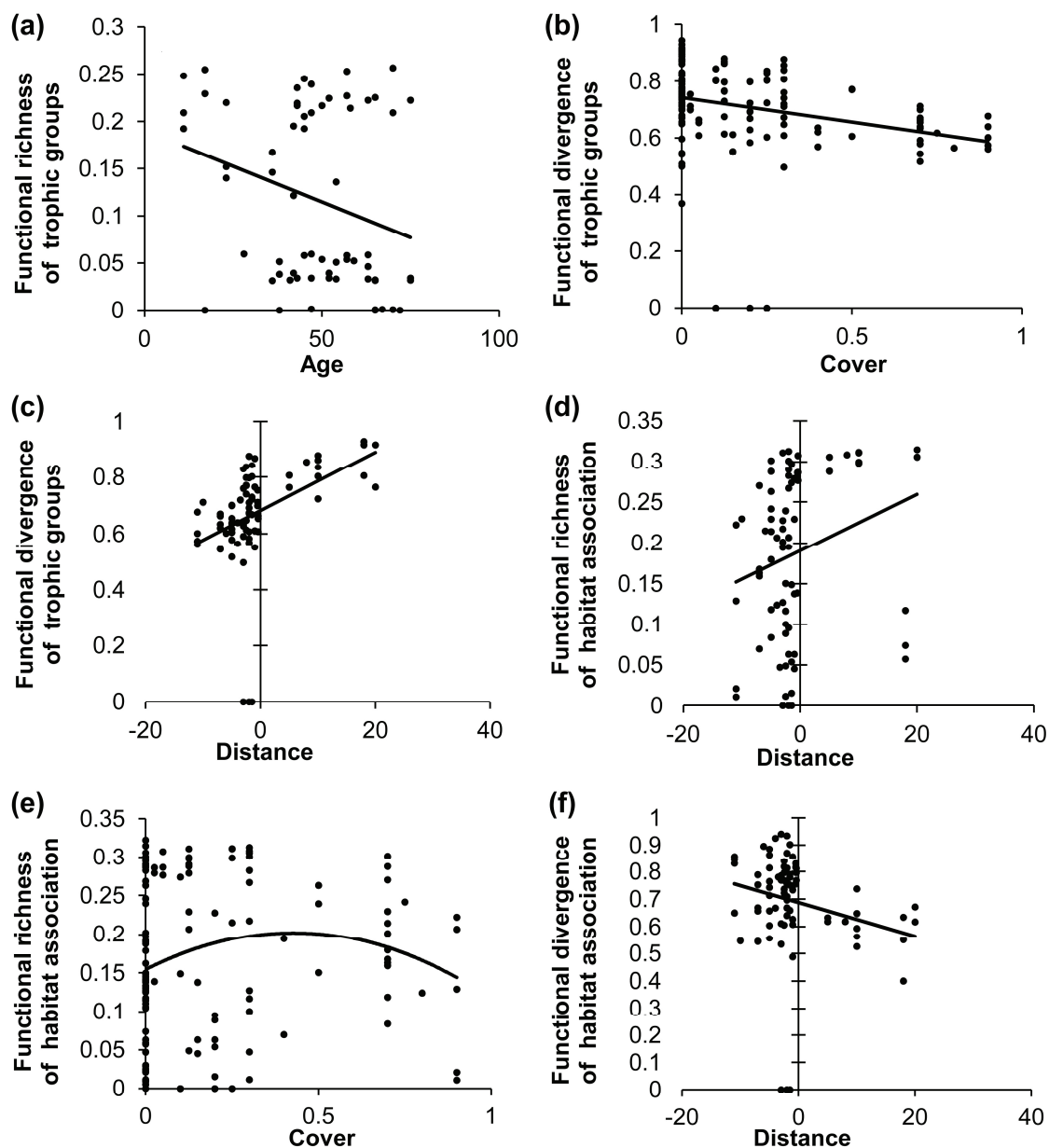


Fig. 3 Functional diversity analyses conducted according to Mason et al. (2005) depicted as fitted trends for functional richness and functional divergence indices in relation to age (years) and cover (0-100%) of dwarf pine stands and distance (metres) from the dwarf pine edge are depicted

Responses of specific groups of ground beetles to dwarf pine

Carabid beetle assemblages are composed of diverse ecological groups, thus the response to dwarf pine may be heterogeneous at the species level when compared with the guilds level. According to the GLMM results, the type of vegetation in general and dwarf pine in particular had a significant effect on the epigeic beetle assemblage (Table 2). Age was the best predictor of dwarf pine for the carabid assemblage (Table 2) although responses of distinct ecological groups were not uniform. Concurring with the results of functional diversity analyses, the food specialists declined remarkably with increasing age of the dwarf pine stands (Table 3, Fig. 4). In contrast, the abundance of food opportunists increased with the age of dwarf pine (Fig. 4), in both forest carabids and generalists (Table 4, Fig. 5).

Table 2 Analysis of deviance results conducted using GLMM, to test for factors that influence the relative abundance of carabids. Sample sites nested within the dwarf pine were used as random variables

Variable	Df	F^a
Locality	2	0.44
Vegetation	5	4.61 ^{***}
Age	1	0.52 [*]

^a ^{***} $p < 0.001$; ^{**} $p < 0.01$; ^{*} $p \leq 0.05$; ^{ns} - not significant

Table 3 Analysis of deviance results performed using GLMM, to test the effect of dwarf pine age on the relative abundance of food specialized carabids. Sample sites nested within the dwarf pine were used as random variables

Variable	Df	F^a
Age	1	5.51 [*]
Food specialization	1	70.02 ^{***}
Age: food specialization	1	4.75 [*]

^a ^{***} $p < 0.001$; ^{**} $p < 0.01$; ^{*} $p \leq 0.05$; ^{ns} - not significant

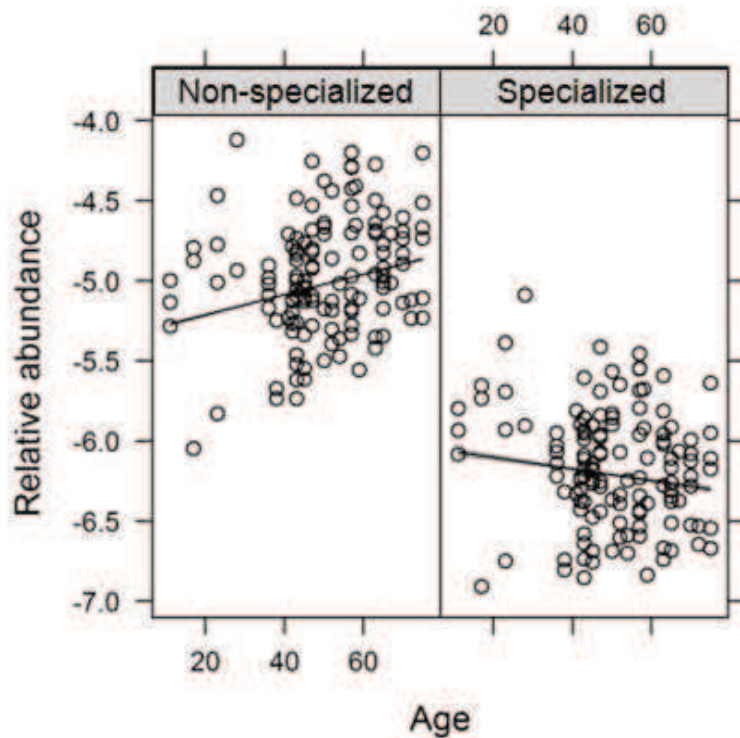


Fig. 4 Effects of dwarf pine age on abundance (trap catch per day) of food-specialized and non-specialised carabid species predicted by GLMM

Table 4 Analysis of deviance results conducted using GLMM to test the effect of dwarf pine age on the relative abundance of carabid groups with different habitat association. Sample sites nested within dwarf pine stands were used as random variables

Variable	Df	F^a
Age	1	5.54 [*]
Habitat association	2	112.65 ^{***}
Age: habitat association	2	10.42 ^{***}

^a ^{***} $p < 0.001$; ^{**} $p < 0.01$; ^{*} $p \leq 0.05$; ^{ns} - not significant

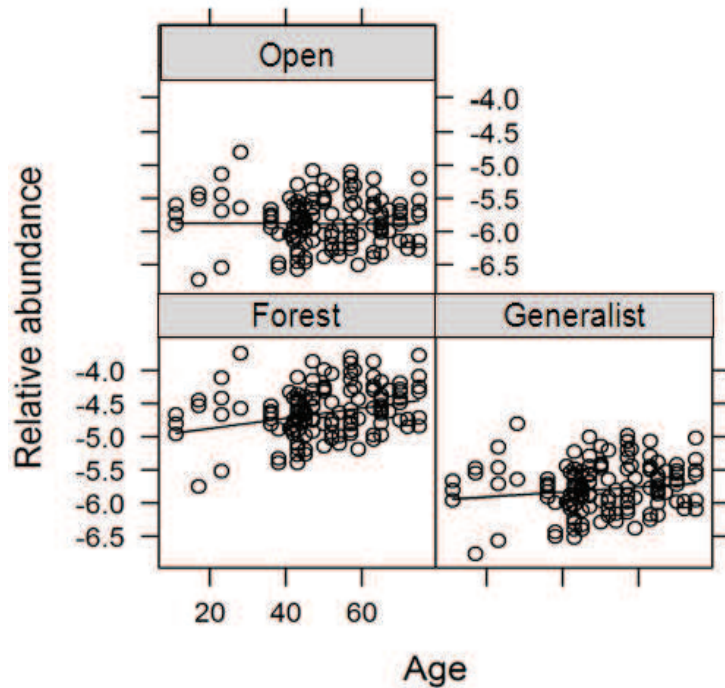


Fig. 5 Effects of dwarf pine age on the relative abundance (trap catch per day) of carabid groups with different habitat association (“Forest”, “Open” habitats and habitat “Generalists”) predicted by GLMM

Species responses of ground beetles to dwarf pine characteristics

GLM analyses to detect detailed responses of particular carabid species to different features of dwarf pine stands showed that abundances of 23 species were significantly affected (Appendix 2). Specifically, 17 species responded to age (13 species decreased in abundance, 4 increased), 18 were influenced by cover (15 decreased, 3 increased) and 16 species varied in abundance according to the distance to dwarf pine stands (11 increased, 5 species decreased with distance (Appendix 2). Thus dwarf pine cover and age seem to be more important predictors for carabids than the distance to pine stands. This is evident especially for species able to fly (*Amara* spp.) which were not affected by the distance of their habitat from the dwarf pine stands. As predicted, both open habitat herbivores (*Amara* spp.) and carnivores (*Carabus sylvestris*) were more abundant outside of old dwarf pine stands with high cover. Contrary to expectations, the majority of forest carabids (especially large *Carabus* spp. and *Pterostichus aethiops*) declined within dwarf pine polycormons. Only three forest species (*Calathus micropterus*, *Pterostichus unctulatus* and *Trechus striatulus*) preferred old dwarf pine stands with high cover to open habitats. The responses of food specialists varied with some snail-hunting species, such as *Cychrus caraboides*, being more abundant outside dwarf pine stands whereas the widespread food-specialized *Leistus ferrugineus* was more common in the dwarf pine stands. However, the majority of species significantly avoided the dwarf pine areas; only few forest species with higher humidity requirements and one widespread food specialist favoured the central areas of dwarf pine stands (Appendix 2).

Discussion

Effects of dwarf pine features on assemblage and species

Our results support the hypothesis that the community structure of ground beetles is significantly affected by all three dwarf pine features, i.e., age, cover and distance from stands. The majority of species avoided the dwarf pine areas – their abundances decreased with increasing age and cover of *Pinus mugo* stands. Furthermore, abundances of most species increased with increasing distance from the edge of dwarf pine stands. Previous studies recorded a strong gradient of environmental conditions from the open alpine tundra to dwarf pine stands (Svoboda 2001). Towards the interior of dwarf pine habitats the environment becomes shadier and damper than the surrounding alpine tundra (Svoboda 2001; Zeidler et al. 2012). The accumulation of coniferous litter leads to soil acidification (Raulund-Rasmussen and Vjere 1995; Svoboda 2001). These changed conditions may negatively affect plant diversity (Svoboda 2001; Zeidler et al. 2012). Consequently, depletion of plant diversity results in impoverishment of food-dependent arthropod assemblages (Gerber et al. 2008) which are crucial for predators such as carabids (Thiele 1977). A similar situation where abundance and biomass of ground dwelling arthropods (including Carabidae) decreased was documented after the expansion of green alder (*Alnus viridis*) in the alpine regions of the French Alps (Anthelme et al. 2001).

Especially the ground beetles associated with open habitats declined in sites invaded by non-native woody plants as documented by Brigić et al. (2014). In our study these species similarly preferred plots of alpine tundra without dwarf pine. The life history of open habitat species such as *Amara* spp. and *Carabus sylvestris* suggests that the shaded conditions of dwarf pine stands are unsuitable for them (Thiele 1977). This is particularly evident in specialized species which favour dry heath habitats such as *Amara erraticata* (Stanovský and Pulpán 2006). Unexpectedly, the majority of forest species (e.g. *Carabus auronitens*, *C. glabratus*, *C. linnaei*, *Pterostichus aethiops* etc.) also preferred open habitats to dwarf pine vegetation (Appendix 2).

According to our study this trend can probably be explained by the carabids' dependence on plant biomass as a food source, either directly in herbivorous species or indirectly in carnivores. The areas covered by dwarf pine represent species-poor plant communities with lower density and cover of herbaceous plants than those of alpine tundra (Svoboda 2001; Zeidler et al. 2012). The lack of food supply supports similarly poor assemblages of herbivores (Haddad et al. 2009). This trend was not only described in phytophagous insects (Gerber et al. 2008), but also in carabids with the same food strategy (Schirmel et al. 2011) after the invasion of allochthonous plants. We observed similar patterns in our study, not only in herbivorous *Amara* spp. which feed on grass seeds (Lundgren 2009), but also in mollusc predators (Lindroth 1992a). As an example, the abundance of *Cychrus caraboides* declined in dwarf pine stands compared to tundra habitats. Molluscs' high abundances and species richness are usually recorded on more alkaline soils and areas with higher cover of herbs and mosses (Dvořáková and Horsák 2012), therefore the acidic soils found in dwarf pine stands represent an unsuitable habitat for the majority of them. The more heterogeneous native alpine habitats promote richer communities of herbivorous insects, which are important food sources for carabids (Thiele 1977). A similar explanation may be used for large forest carabids (*Carabus* spp.) that need rich sources of prey (Thiele 1977). Despite not being very productive, alpine tundra (Nagy and Grabherr 2009) still represents a more heterogeneous mosaic of different habitats providing larger food supplies than dwarf pine stands. This is supported by our results – we found that dwarf pine stands hold substantially impoverished assemblages of carabid beetles when compared to those of surrounding alpine tundra. As in

other studies we also found a significant decline in beetle abundance associated with the expansion of non-native plants (Finch and Szumelda 2007; Topp et al. 2008; Pawson et al. 2010), with the key factors being both microclimatic changes and loss of food supply in dwarf pine stands.

Only four species preferred old dwarf pine stands with high cover. *Calathus micropterus*, *Pterostichus unctulatus* and *Trechus striatulus* are ground beetles bound to the forest habitats with more stable microclimate and higher moisture (Hůrka 1996; Niemelä et al. 2007). This finding is supported by the evidence that the interior of dwarf pine areas is damper than the alpine tundra (Svoboda 2001; Zeidler et al. 2012). Furthermore, these species are considered to be typical inhabitants of subalpine dwarf pine zones in other European mountains (Šustek 2007; Materna et al. 2010). The fourth species preferring dwarf pine habitats is *Leistus ferrugineus*, a habitat generalist and a specialized predator of springtails (Collembola), (Hůrka 1996; Hůrka et al. 1996). The increased abundance of this species may be the consequence of larger food supply. In a Chinese mountain range, springtails have been found in higher abundances in forests than alpine meadows (Wang et al. 2009) which may be due to the thick layer of slowly decomposing needle litter in pine stands (Badejo et al. 1998). This could provide a larger food resource for specialized carabid predators (Magura et al. 2005). In general, some food-specialized species may prefer invaded habitats to native ones due to indirect interactions, e.g., if the invasive plant supports specific types of prey (Hansen et al. 2009).

Dwarf pine effects on functional groups

We showed that all three parameters of dwarf pine stands significantly changed the functional diversity of carabid beetles. Both functional richness and divergence of trophic groups declined with increasing dwarf pine stand cover and age. Simultaneously, divergence was greater with increasing distance from the pine stands. Food generalists dominated the innermost areas of pine stands, but in general we found these areas to have a poorer spectrum of food strategies. This could be the result of a general decline of herbivores and the majority of specialized predators (Fig. 3, Appendix 2). Our findings are similar to those of other studies focused on the effects of invasive plants on native biota. In general, invaded sites are primarily favoured by euryoecious species (Brigić et al. 2014), and species richness of ground dwelling arthropods was found to decline along with the abundance of certain trophic groups (Topp et al. 2008; Schirmel et al. 2011). Invasive plants usually support non-specialized species of phytophagous arthropods whereas food specialists tend to disappear (Roháčová and Drozd 2009).

An apparent effect of invasive species on dependent levels of food chain may be explained by the lack of coevolution between these (Maron and Vilà 2001). Dwarf pine in the Hrubý Jeseník Mts. is allochthonous, hence the species pool of the alpine zone did not have the opportunity to meet and adapt to the shrub until the introduction of *Pinus mugo* 150 years ago (Jeník and Hampel 1992). The absence of long-term coexistence of dwarf pine and local communities of alpine tundra have apparently led to the dominance of food generalists and the virtual absence of any specialized species. A similar pattern has been repeatedly noticed in the herbivore communities of invasive plant species (Maron and Vilà 2001; Roháčová and Drozd 2009).

Both the proportion of food strategies and the structure of carabid groups associated with distinctive habitat types have changed with the presence of dwarf pine. The functional richness of carabid assemblages was higher on tundra sites as well as on those with 40-60% cover of middle aged dwarf pine stands than in the dwarf pine areas (Fig. 3d, e). As native tundra consists of various vegetation types, it represents a more heterogeneous environment

than dwarf pine stands. Consequently, the sites with equally represented dwarf pine stands and native open habitats may create heterogeneous mosaics that support diverse spectra of carabids with various habitat demands. This explanation is in accordance with the generally documented highest diversity of carabids along habitat ecotones (Máthé 2006). Thus, dwarf pine brings heterogeneity into alpine environment to some extent, not only by its mere presence, but also by the influence of its surroundings (Soukupová et al. 2001). For example, polycormons of *Pinus mugo* accumulate large amounts of snow and horizontal precipitation which leads to increased moisture and nutrient concentrations. These local microhabitats support specific plant communities, distinct from those of open tundra and shady pine stands (Soukupová et al. 2001). This pattern was also observed in sites where alien plant invasion is in the initial phase. Freshly invaded areas with low cover of invasive species typically reached higher abundances and species richness of carabid beetles than completely overgrown areas, even higher than in the native habitat (Brigić et al. 2014). This might be the reason for high functional divergence of habitat groups found within dwarf pine stands near their edges (Fig. 3d). However, it is of great importance to highlight the fact that functional diversity does decline with increased dwarf pine cover, as the gradually closing canopy becomes a more uniform environment (Zeidler et al. 2012).

Conservation implications

Overall our results indicate that the expansion of allochthonous *Pinus mugo* depletes indigenous insect communities of the alpine belt. Dwarf pine significantly decreased the abundance of most carabid species. We also found a substantial decline of functional richness and divergence of carabids with increasing age and cover of the dwarf pine stands. Dwarf pine particularly supported food generalists adapted to forest habitats. Our findings are in agreement with the study of Zeidler et al. (2012) which focused on the effects of dwarf pine on plant communities in the same area. We stress that *Pinus mugo* does play the role of an invasive species in the environment of isolated alpine islands of the topmost parts of Hrubý Jeseník Mts. Currently, dwarf pine stands cover an area of almost 18% of the former alpine treeless zone, with an annual growth rate of about 2% of its current extent (Tremel and Banaš 2008; Tremel et al. 2010). Some isolated alpine patches are in danger of becoming overgrown during the next few decades. Bearing in mind the uniqueness (Bílá et al. 2013; Kašák et al. 2013) and small area of fragmented and isolated alpine tundra in Central Europe, we recommend the removal of allochthonous dwarf pine to protect this unique ecosystem, the alpine tundra.

Acknowledgements We are very grateful to P. Saska and J. Stanovský for the important supplement of beetle characteristics. S. Kopečková and L. Kolář substantially helped us in the field, or to be more precise, in the mountains. We are also grateful to M. Horsák and A. Lacina for giving us useful advice and to P. Pachta for the map creation. Our study would not have been possible without the permission of the Administration of Protected Landscape Area Jeseníky. The research project was funded by the Ministry of the Environment of the Czech Republic (VaV/620/15/03, VaV/SM/6/70/05) and CzechGlobe – Centre for Global Climate Change Impacts Studies (CZ.1.05/1.1.00/02.0073, LC06073). We would like to thank A. Gouveia for proof-reading the manuscript. Last but not least we thank the associate editor (E. Brockerhoff) and two anonymous reviewers for their valuable comments and suggestions that improved the manuscript.

References

- Anthelme F, Grossi JL, Brun JJ, Didier L (2001) Consequences of green alder expansion on vegetation changes and arthropod communities removal in the northern French Alps. *Forest Ecol Manag* 145:57–65
- Badejo MA, Nathaniel TI, Tian G (1998) Abundance of springtails (Collembola) under four agroforestry tree species with contrasting litter quality. *Biol Fert Soils* 27:15–20
- Bates D, Maechler M, Bolker B (2012) lme4: Linear mixed-effects models using Eigen and S4 classes. R package version 0.999999-0
- Bílá K, Kuras T, Šipoš J, Kindlmann P (2013) Lepidopteran species richness of alpine sites in High Sudetes Mts.: effect of area and isolation. *J Insect Conserv* 17:257–267
- Brigić A, Vujčić-Karlo S, Kepčija RM, Stančić Z, Alegro A, Ternej I (2014) Taxon specific response of carabids (Coleoptera, Carabidae) and other soil invertebrate taxa on invasive plant *Amorpha fruticosa* in wetlands. *Biol Invasions* 16:1497–1514
- Dainese M, Kühn I, Bragazza L (2014) Alien plant species distribution in the European Alps: influence of species' climatic requirements. *Biol Invasions* 16:815–831
- de Jong YSDM (ed) (2012) Fauna Europaea version 2.6. Web Service available online at <http://www.faunaeur.org>. Accessed 20 Mai 2014
- Demek J, Kříž V (1994) Terénní cvičení z fyzické geografie (na příkladu Jeseníků a okolí). Ostravská univerzita v Ostravě, Ostrava
- Dullinger T, Dirnböck, Grabherr G (2003) Patterns of shrub invasion into high mountain grasslands of the Northern Calcareous Alps, Austria. *Arct Antarct Alp Res* 35:434–441
- Dvořáková J, Horsák M (2012) Variation of snail assemblages in hay meadows: disentangling the predictive power of abiotic environment and vegetation. *Malacologia* 55:151–162
- Finch OD, Szumelda A (2007) Introduction of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) into Western Europe: Epigeic arthropods in intermediate-aged pure stands in northwestern Germany. *Forest Ecol Manag* 242:260–272
- Gerber E, Krebs Ch, Murell C, Moretti M, Rocklin R, Schaffner U (2008) Exotic invasive knotweeds (*Fallopia* spp.) negatively affect native plant and invertebrate assemblages in European riparian habitats. *Biol Conserv* 141:646–654
- Haddad NM, Crutsinger GM, Gross K, Haarstad J, Knops JMH, Tilman D (2009) Plant species loss decreases arthropod diversity and shifts trophic structure. *Ecol Lett* 12:1029–1039
- Hamerník J, Musil I (2007) The *Pinus mugo* complex – its structuring and general overview of the used nomenclature. *J Forest Sci* 53:253–266
- Hansen AK, Ortega YK, Six DL (2009) Comparison of ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages in Rocky Mountain savannas invaded and un-invaded by an exotic forb, spotted knapweed. *Northwest Sci* 83:348–360
- Hůrka K (1996) Carabidae of the Czech and Slovak Republics – Illustrated key. Kabourek, Zlín
- Hůrka K, Veselý P, Farkač J (1996) Využití střevlíkovitých (Coleoptera: Carabidae) k indikaci kvality prostředí. *Klapalekiana* 32:15–26
- Jeník J, Hampel R (1992) Die waldfreien Kammlagen des Altvatergebirges (Geschichte und Ökologie). MSSGV, Stuttgart
- Kašák J, Mazalová M, Šipoš J, Kuras T (2013) The effect of alpine ski-slopes on epigeic beetles (Coleoptera): does even a nature-friendly management make a change? *J Insect Conserv* 17:975–988
- Kotze DJ, O'Hara RB (2003) Species decline – but why? Explanations of carabid beetle (Coleoptera, Carabidae) declines in Europe. *Oecologia* 135:138–148
- Kůrka A, Vaněk J (2001) Spiders (Araneae) of shaded and non-shaded sites in the tundra of the Western Giant Mountains (Czech Republic). *Opera Corcontica* 38:219–233
- Kuras T, Konvička M, Beneš J, Čížek O (2001) *Erebia sudetica* and *Erebia epiphron* (Lepidoptera: Nymphalidae, Satyrinae) in the Czech Republic: Review of present and past distribution, conservation implications. *Cas Slez Muz Opava A* 50:57–81
- Lindroth CH (1992a) Ground beetles (Carabidae) of Fennoscandia. A zoogeographic study. Part I. Specific knowledge regarding the species. Smithsonian Institution Libraries and the National Science Foundation, Washington
- Lindroth CH (1992b) Ground beetles (Carabidae) of Fennoscandia. A zoogeographic study. Part III. General analysis with a discussion on biogeographic principles. Smithsonian Institution Libraries and the National Science Foundation, Washington
- Lundgren JG (2009) Relationships of Natural Enemies and Non-prey Foods. Springer Verlag, Dordrecht
- Magura T, Tóthemérsz B, Elek Z (2005) Impacts of leaf-litter addition on carabids in a conifer plantation. *Biodivers Conserv* 14:475–491

- Maron JL, Vilà M (2001) When do herbivores affect plant invasion? Evidence for the natural enemies and biotic resistance hypotheses. *Oikos* 95:361–373
- Mason NWH, Mouillot D, Lee WG, Wilson JB (2005) Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. *Oikos* 111:112–118
- Materna J, Vaněk J, Kůrka A, Vonička P (2010) Epigeic spiders (Aranea), harvestmen (Opiliones) and ground beetles (Coleoptera: Carabidae) of selected plant communities of the tundra in Krkonoše and Scandinavia. *Opera Corcontica* 47:187–210
- Máthé I (2006) Forest edge and carabid diversity in a Carpathian beech forest. *Community Ecol* 7:91–97
- Mouchet MA, Villéger S, Mason NWH, Mouillot D (2010) Functional diversity measures: an overview of their redundancy and their ability to discriminate community assembly rules. *Funct Ecol* 24:867–876
- Nagy L, Grabherr G, Körner Ch, Thompson DBA (2003) Alpine biodiversity in Europe. *Ecological Studies*, Vol. 167. Springer, Berlin
- Nagy L, Grabherr G (2009) The biology of alpine habitats. Oxford University Press, Oxford
- Niemelä J, Koivula M, Kotze DJ (2007) The effects of forestry on carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) in boreal forests. *J Insect Conserv* 11:5–18
- Pawson SM, McCarthy JK, Ledgard NJ, Didham RK (2010) Density-dependent impacts of exotic conifer invasion on grassland invertebrate assemblages. *J Appl Ecol* 47:1053–1062
- Pornaro C, Schneider MK, Macolino S (2013) Plant species loss due to forest succession in Alpine pasture depends on site conditions and observation scale. *Biol Conserv* 161:213–222
- R Development Core Team (2011) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL <http://www.R-project.org/>. Accessed 5 April 2014
- Rainio J, Niemelä J (2003) Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodivers Conserv* 12:487–506
- Raulund-Rasmussen K, Vejre H (1995) Effect of tree species and soil properties on nutrient immobilization in the forest floor. *Plant Soil* 168:345–352
- Reiprich A (2001) Die Klassifikation der Schmetterlinge der Slowakei laut den Wirten (Nährpflanzen) ihrer Raupen. Správa NP Slovenský raj, SZOPK, Spišská Nová Ves
- Ribera I, Foster GN, Downie IS, McCracken DI, Abernethy VJ (1999) A comparative study of the morphology and life traits of Scottish ground beetles (Coleoptera, Carabidae). *Ann Zool Fenn* 36:21–37
- Roháčová M, Drozd P (2009) How many heteropteran species can live on alien goldenrods *Solidago canadensis* and *S. gigantea* in Europe? *Biologia* 64:981–993
- Schirmel J, Timler L, Buchholz S (2011) Impact of the invasive moss *Campylopus introflexus* on carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) in acidic coastal dunes at the southern Baltic Sea. *Biol Invasions* 13:605–620
- Solár J, Janiga M (2013) Long-term changes in dwarf pine (*Pinus mugo*) cover in the High Tatra Mountains, Slovakia. *Mt Res Dev* 33:51–62
- Soukupová L, Jeník J, Frantík T (2001) Edge effect of krummholz in Giant Mts.' tundra, the Sudetes. *Opera Corcontica* 38:77–87
- Spence JR, Niemelä JK (1994) Sampling ground beetle assemblages with pitfall traps: the madness and the method. *Can Entomol* 126:881–894
- Stanovský J, Pulpán J (2006) Střevlíkovití brouci Slezska (severovýchodní Moravy). Muzeum Beskyd, Frýdek-Místek
- Svoboda M (2001) The effects of *Pinus mugo* (Turra) plantations on alpine-tundra microclimate, vegetation distribution, and soils in Krkonoše National Park, Czech Republic. *Opera Corcontica* 38:189–206
- Šustek Z (2007) Classification of Carabid assemblages of natural geobiocoenoses of spruce, dwarf-pine and alpine vegetation tiers of West Carpathians. In: Hrubá V, Štykar V (eds) *Geobiocenologie a její aplikace. Geobiocenologické spisy* 11, MZLU BRNO, Brno, pp 113–124
- ter Braak CJF, Šmilauer P (2002) CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5). Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA
- Thiele HU (1977) Carabid beetles in their environments. Springer-verlag, Berlin
- Topp W, Kappes H, Rogers F (2008) Response of ground-dwelling beetle (Coleoptera) assemblages to giant knotweed (*Reynoutria* spp.) invasion. *Biol Invasions* 10:381–390
- Tremel V, Banaš M (2008) The effect of exposure on alpine treeline position: a case study from High Sudetes, Czech Republic. *Arct Antarct Alp Res* 40:751–760
- Tremel V, Wild J, Chuman T, Potůčková M (2010) Assessing the change in cover of non-indigenous dwarf-pine using aerial photographs, a case study from the Hrubý Jeseník Mts., the Sudetes. *J Landscape Ecol* 4:90–104
- Titus JH, Tsuyuzaki S (2003) Influence of a non-native invasive tree on primary succession at Mt. Koma, Hokkaido, Japan. *Plant Ecol* 169:307–315

- Vilà M, Espinar JL, Hejda M, Hulme PE, Jarošík V, Maron JL, Pergl J, Schaffner U, Sun Y, Pyšek P (2011) Ecological impacts of invasive alien plants: a meta-analysis of their effects on species, communities and ecosystems. *Ecol Lett* 14:702–708
- Wang S, Ruan H, Wang B (2009) Effects of soil microarthropods on plant litter decomposition across an elevation gradient in the Wuyi Mountains. *Soil Biol Biochem* 41:891–897
- Zeidler M, Duchoslav M, Banaš M, Lešková M (2012) Impacts of introduced dwarf pine (*Pinus mugo*) on the diversity and composition of alpine vegetation. *Community Ecol* 13:213–220
- Zingerle V (1997) Epigäische Spinnen und Weberknechte im Naturpark Puez-Geisler (Dolomiten, Südtirol). *Berichte des naturwissenschaftlichen-medizinischen Verrein Innsbruck* 84:171–226

Appendices

Appendix 1 Abundances of the carabid beetles sampled in the Hrubý Jeseník Mts. and their functional characteristics

Species	Habitat ^a	Food ^b	Total abundance OS/IN ^c
<i>Agonum gracilipes</i> (Duftschmid, 1812)	O	C	1/0
<i>Agonum muelleri</i> (Herbst, 1784)	O	N	1/0
<i>Amara convexior</i> Stephens, 1828	O	H	2/0
<i>Amara equestris</i> (Duftschmid, 1812)	O	H	5/2
<i>Amara erratica</i> (Duftschmid, 1812)	O	H	16/3
<i>Amara lunicollis</i> Schiödte, 1837	O	H	57/25
<i>Amara nitida</i> Sturm, 1825	O	H	5/1
<i>Bradycellus caucasicus</i> (Chaudoir, 1846)	O	H	1/1
<i>Calathus erratus</i> (C. R. Sahlberg, 1827)	G	C	2/0
<i>Calathus melanocephalus</i> (Linnaeus, 1758)	O	C	5/5
<i>Calathus micropterus</i> (Duftschmid, 1812)	F	C	139/407
<i>Carabus arvensis</i> Herbst, 1784	G	C	2/2
<i>Carabus auronitens</i> Fabricius, 1792	F	C	115/50
<i>Carabus glabratus</i> Paykull, 1790	F	C	29/3
<i>Carabus linnaei</i> Panzer, 1810	F	C	154/111
<i>Carabus sylvestris</i> Panzer, 1793	O	C	550/398
<i>Carabus variolosus</i> Fabricius, 1787	F	C	5/0
<i>Carabus violaceus</i> Linnaeus, 1758	G	C	51/75
<i>Cychrus attenuatus</i> (Fabricius, 1792)	F	C	1/0
<i>Cychrus caraboides</i> (Linnaeus, 1758)	F	C	168/101
<i>Cymindis cingulata</i> Dejean, 1825	F	C	1/3
<i>Harpalus affinis</i> (Schränk, 1781)	O	H	3/4
<i>Harpalus laevipes</i> Zetterstedt, 1828	F	H	1/0
<i>Harpalus latus</i> (Linnaeus, 1758)	F	H	2/1
<i>Leistus ferrugineus</i> (Linnaeus, 1758)	O	C	32/75
<i>Leistus piceus</i> Frölich, 1799	F	C	32/28
<i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius, 1775)	G	C	0/1
<i>Molops piceus</i> (Panzer, 1793)	F	C	1/0
<i>Notiophilus biguttatus</i> (Fabricius, 1779)	F	C	6/0
<i>Notiophilus palustris</i> (Duftschmid, 1812)	G	C	3/0
<i>Ophonus puncticeps</i> Stephens, 1828	O	H	1/0
<i>Ophonus schaubergerianus</i> Puel, 1937	O	H	1/0
<i>Patrobus atrorufus</i> (Stroem, 1768)	G	C	37/3
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1758)	O	N	7/1
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm, 1824)	O	N	17/41
<i>Pseudoophonus rufipes</i> (De Geer, 1774)	O	H	14/13
<i>Pterostichus aethiops</i> (Panzer, 1797)	F	C	77/56
<i>Pterostichus burmeisteri</i> Heer, 1838	F	C	9/0
<i>Pterostichus diligens</i> (Sturm, 1824)	G	C	141/89
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798)	G	N	9/3
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> (Fabricius, 1787)	F	C	169/182
<i>Pterostichus rufitarsis</i> (Dejean, 1828)	F	C	3/0
<i>Pterostichus unctulatus</i> (Duftschmid, 1812)	F	C	524/1193
<i>Trechus striatulus</i> Putzeys, 1847	G	C	41/158
<i>Trichotichnus laevicollis</i> (Duftschmid, 1812)	F	N	13/7

Beetles were divided into three groups either ^a according to their habitat association: generalist (G), forest (F) and open habitat (O) species, or ^b according to their food requirements: carnivorous (C), herbivorous (H) and omnivorous (N) species. ^c Study plots were situated outside (OS) and inside (IS) dwarf pine stands

Appendix 2 GLM results on the beetles and their responses to different dwarf pine features

Species	N	Age			Cover			Distance					
		F^c	Intercept	Slope	AIC	F^c	Intercept	Slope	AIC	F^c	Intercept	Slope	AIC
<i>Amara equestris</i>	7	0.19 ^{ns}	-7.58	-0.01	2.67	1.68 ^{ns}	-7.41	-2.1	2.61	0.59 ^{ns}	-8.04	0.30	2.66
<i>Amara erratica</i>	19	9.21 ^{**}	-5.89	-0.06	7.82	9.91 ^{**}	-5.91	-10.3	7.76	4.97 [*]	-7.54	0.82	8.21
<i>Amara lunicollis</i>	82	7.98 ^{**}	-4.99	-0.02	16.21	14.47 ^{***}	-4.96	-2.64	15.77	2.86 ^{ns}	-5.62	0.29	16.61
<i>Amara nitida</i>	6	5.16 [*]	-7.35	-0.05	2.18	5.29 [*]	-7.39	-6.71	2.18	2.91 ^{ns}	-9.06	0.88	2.27
<i>Calathus melanocephalus</i>	10	3.15 ^{ns}	-7.05	-0.03	3.08	5.10 [*]	-7.03	-3.64	3.01	0.04 [*]	-7.47	0.02	3.20
<i>Calathus micropterus</i>	546	28.28 ^{***}	-3.37	0.02	52.55	13.02 ^{***}	-3.65	0.86	54.27	33.06 ^{***}	-3.08	-0.49	52.05
<i>Carabus auronitens</i>	165	19.66 ^{***}	-4.15	-0.02	27.11	12.58 ^{***}	-4.25	-1.68	28.00	45.83 ^{***}	-5.49	0.78	25.46
<i>Carabus glabratus</i>	32	13.34 ^{***}	-5.60	-0.05	8.71	20.47 ^{***}	-5.60	-10.36	8.43	19.10 ^{***}	-9.41	1.97	7.64
<i>Carabus linnaei</i>	265	7.46 ^{**}	-3.92	-0.01	36.64	9.39 ^{**}	-3.94	-1.30	36.42	14.28 ^{***}	-4.67	0.47	35.74
<i>Carabus sylvestris</i>	948	3.82 [*]	-2.68	-0.01	96.44	14.27 ^{***}	-2.61	-1.09	94.08	1.02 ^{ns}	-2.74	-0.09	97.16
<i>Carabus violaceus</i>	122	2.99 ^{ns}	-5.23	0.01	18.87	1.62 ^{ns}	-5.17	0.52	18.97	8.40 [*]	-4.71	-0.41	18.51
<i>Cychrus caraboides</i>	269	19.66 ^{***}	-3.73	-0.16	33.54	13.77 ^{***}	-3.81	-1.16	34.01	9.73 ^{**}	-4.30	0.27	34.29
<i>Euophihus fuliginosus</i>	8	0.40 ^{ns}	-7.33	-0.01	3.27	0.29 ^{ns}	-7.71	0.68	3.28	0.22 ^{ns}	-7.38	-0.20	3.28
<i>Harpalus affinis</i>	7	0.12 ^{ns}	-7.99	0.00	2.32	0.12 ^{ns}	-7.80	0.41	2.32	1.16 ^{ns}	-7.55	-0.46	2.28
<i>Leistus ferrugineus</i>	107	11.19 ^{***}	-5.54	0.02	17.63	0.49 ^{ns}	-5.14	0.30	18.34	10.96 ^{***}	-4.74	-0.49	17.63
<i>Leistus piceus</i>	60	0.72 ^{ns}	-5.34	-0.01	15.36	0.01 ^{ns}	-5.44	-0.06	15.43	2.70 ^{ns}	-5.74	-0.27	15.20
<i>Notiophilus biguttatus</i>	6	16.04 ^{***}	-7.22	-0.47	1.93	11.71 ^{***}	-7.22	-120.30	1.95	1.01 ^{ns}	-8.37	0.42	2.29
<i>Patrobus atrorufus</i>	40	21.72 ^{***}	-5.22	-0.06	11.01	6.82 ^{***}	-5.35	-6.65	11.92	20.05 ^{***}	-7.25	1.05	11.12
<i>Poecilus cupreus</i>	8	3.80 ^{ns}	-7.19	-0.05	2.73	3.29 ^{ns}	-7.27	-4.62	2.75	4.83 [*]	-9.21	1.07	2.67
<i>Poecilus versicolor</i>	58	0.28 ^{ns}	-5.56	-0.01	16.82	2.91 ^{ns}	-5.37	-2.28	16.15	1.54 ^{ns}	-5.41	-0.43	16.41
<i>Pseudophonus rufipes</i>	27	0.10 ^{ns}	-6.62	0.00	6.05	0.17 ^{ns}	-6.67	0.29	6.05	0.81 ^{ns}	-6.42	-0.21	6.02
<i>Pterostichus aethiops</i>	133	3.99 [*]	-4.58	-0.01	23.47	12.50 ^{***}	-4.51	-1.88	22.74	0.30 ^{ns}	-4.74	-0.08	23.81
<i>Pterostichus burmeisteri</i>	9	14.73 ^{***}	-6.98	-0.49	2.48	9.92 ^{**}	-6.99	-128.8	2.53	53.84 ^{***}	-16.49	4.52	2.05
<i>Pterostichus diligens</i>	230	9.10 ^{**}	-4.09	-0.01	30.69	17.45 ^{***}	-4.06	-1.95	29.87	0.00 ^{ns}	-4.36	-0.01	31.67
<i>Pterostichus melanarius</i>	12	2.15 ^{ns}	-6.95	-0.02	3.69	2.83 ^{ns}	-6.96	-2.65	3.66	4.48 [*]	-8.44	0.86	3.57
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>	351	0.36 ^{ns}	-3.90	-0.00	49.11	6.93 ^{***}	-3.74	-1.27	47.78	6.16 [*]	-3.71	-0.35	47.92
<i>Pterostichus unctulatus</i>	1717	39.64 ^{***}	-2.66	0.01	110.87	28.87 ^{***}	-2.54	0.99	112.90	38.38 ^{***}	-1.97	-0.41	111.05
<i>Trechus striatulus</i>	199	23.18 ^{**}	-5.10	0.02	29.09	24.40 ^{***}	-4.98	1.71	28.91	19.61 ^{***}	-4.04	-0.63	29.34
<i>Trichotichnus laevicollis</i>	20	3.31 ^{ns}	-6.10	-0.02	7.43	2.71 ^{ns}	-6.18	1.80	7.47	4.62 [*]	-7.16	0.59	7.34

*** $p < 0.001$; ** $p < 0.01$; * $p < 0.05$; ^{ns} - not significant; p-values in **bold** are significant at $\alpha \leq 0.05$; negative responses of species to the age and cover of a dwarf pine are highlighted in grey, as well as positive responses of species to increasing distance from dwarf pine is highlighted in grey

Příspěvek VI

Mazalová M., Šipoš J., Rada., **Kašák J.**, Šarapatka B. et Kuras T.: (rukopis) Responses of grassland arthropods to various biodiversity-friendly management treatments: is there any compromise? (European Journal of Entomology, v recenzním řízení).

Responses of grassland arthropods to various biodiversity-friendly management treatments: is there any compromise?

Monika MAZALOVÁ^{1*} · Jan ŠIPOS^{2,3} · Stanislav RADA¹ · Josef KAŠÁK⁴ · Bořivoj ŠARAPATKA¹ · Tomáš KURAS¹

¹Department of Ecology and Environmental Sciences, Faculty of Science, Palacky University, tř. Svobody 26, 771 46 Olomouc, Czech Republic

²Department of Biology and Ecology, Faculty of Science, University of Ostrava, Chittussiho 10, 710 00, Slezská Ostrava, Czech Republic

³Global Change Research Centre Academy of Sciences of the Czech Republic, Bělidla 986/4a, 603 00, Brno, Czech Republic

⁴Department of Forest protection and Wildlife Management, Faculty of Forestry and Wood technology, Mendel University in Brno, Zemědělská 810/3, 613 00 Brno - Černá Pole, Czech Republic

*mazalka.m@seznam.cz

Keywords: Czech Republic, Jeseníky Mts., arthropods, functional diversity, grasslands, mowing, grazing, landscape structure

Abstract

This empirical study is one of the first which analysed together the response of orders, individual species and functional richness of arthropods to particular management treatments and to linear landscape features, grass baulks and tree groves. On short-time scale, mowing negatively influenced mostly less mobile, flightless taxa. In contrast, long-term management of grasslands carried out by mowing performed once every year supported the highest species richness through the investigated taxa. Most functional diversity measures reached their maxima immediately after the mowing, reflecting the consequent increase of habitat heterogeneity. Both grass baulks and tree groves substantially affected the invertebrate community structure, the majority of taxa being positively associated with these linear features. Based on our results, we propose postponement of mowing, splitting the mowing period into more gradual stages, maintaining of uncut strips primarily along the permanent landscape features and establishing both grass baulks and tree groves in the submontane grassland environment.

INTRODUCTION

A substantial proportion of Central European biodiversity is associated with semi-natural grasslands. Existence of this widespread type of open habitat is ensured by disturbance regime preventing the succession towards forest. Non-forest areas were traditionally maintained by grazing and hay-making (Duffey et al., 1974). Both types of land use were

heterogeneous in terms of intensity and often fluctuated in space and time, creating a wide spectrum of microhabitats and, therefore, promoted high species richness and diversity (Benton et al., 2003; Davies et al., 2005). The 20th century brought two interrelated trends, both of which led to the loss of major part of spatial and temporal heterogeneity. This resulted in depletion of originally diverse communities of grasslands. Former meadows and pastures were either transformed into consolidated blocks of arable land and productive grasslands, or became abandoned and have gradually overgrown by forest (Stoate et al., 2001; Robinson & Sutherland, 2002; Stoate et al. 2009). Nowadays, decline of over 50% of earlier extent of grasslands is reported for the Czech Republic (Skaloš, 2006). Not only the loss of area but also structural changes (Skaloš et al., 2011) of the remaining or even newly founded grasslands may be the reason for the noticeable diversity decline (Benton et al., 2003; Holuša, 2012). Fragments of former grasslands which have lasted are mainly merged into land blocks on average 5-10 times larger than half century ago (Plesník & Staňková 2001). Former hedgerows, grass and tree buffer strips, as the important elements of spatial heterogeneity, have been lost during the collectivisation time culminating in the 1970s and 1980s (Konvicka et al., 2008). Time heterogeneity rapidly declines as the modern hay harvest machinery removes grass from extensive areas in very short time span (Cizek et al. 2012, Buri et al. 2014) Despite the above mentioned, semi-natural grasslands still play a key role in the preservation of a considerable part of non-forest biodiversity associated with cultural European landscape (Poschlod & Wallis De Vries, 2002; Woodcock et al., 2005; Baur et al., 2006).

In this study we evaluate the impacts of agricultural management practises and local landscape structure on invertebrate communities of submontane meadows and pastures of the Czech Republic. There is extensive literature on the influence of mowing, grazing and landscape structure on particular taxa of invertebrates (e.g. Schmidt et al., 2005; Ekroos et al., 2010; Humbert et al., 2010). However, studies revealing the complex influence of often combined management practises and landscape complexity in real conditions of farmlands are noticeably scarcer. Majority of these studies concentrated on the response of one or few popular groups, not on the whole range of invertebrate taxa (but see Kruess & Tschardt, 2002; Debano, 2006; Sjödin et al., 2008; Cizek et al., 2012). Moreover, still little is known about functional consequences of agricultural management, in other words how species of different functional groups (i.e. pollinators, herbivores, carnivores etc.) of arthropods interact with the grassland management. There is consensus, however, that higher diversity (functional diversity included) ensures more complex ecosystem services (e.g. De Groot et al. 2010, Cadott et al. 2011, Isbell et al. 2011).

We evaluated the impacts of various types of grassland management on community structure of invertebrates, aiming at both immediate impacts of mowing and grazing and long-term effects of each management treatment. Additionally, we focused on the effect of local landscape structures (i.e. grass buffer strips, “baulks”; tree and shrub buffer strips, “groves”).

Arthropod communities were investigated on two taxonomic levels: (i) number of individuals – representatives of orders, (ii) abundances of butterfly, bumblebee and beetle species.

MATERIAL AND METHODS

Study area

The study was performed in the submontane area (ca. 750-800 m a.s.l.) of the Hrubý Jeseník Mts., in north-eastern part of the Czech Republic. The region of permanent grasslands (50°6'39"N, 17°3'14"E) close to Nové Losiny village is almost completely surrounded by extensive forest and covers an area of about 180 ha. The research area was situated in the eastern, more heterogeneous and better preserved, part of the grassland complex (80 ha) with the semi-natural hay meadows and pastures managed in regime of Czech agri-environmental schemes (AES) for at least 5 years (Fig. 1). Particular land units are regularly divided by grassy baulks and tree groves.

Studied groups

We investigated the effects of agricultural management and local landscape structure on arthropods. First, we dealt with the numbers of individuals within all invertebrate orders numerously represented in the samples. This approach brings an advantage of reduced time and economic efforts (Andersen 1995) and, at the same time, enables an indicative evaluation of whole community response to environmental change (management treatment). Recent studies imply that taxonomic diversity determined on the basis of the individual orders' proportion enables appropriately the indication of environmental changes (e.g. Biaggini et al. 2007, Tanabe et al. 2008). Second, we focused in detail on three target insect groups with diverse life histories, all of them often used as models in conservation studies. Butterflies and burnet moths (Zygaenidae), bumblebees including cuckoo-bees of *Psithyrus* subgenus, *sensu* Cameron et al. (2007) and Coleoptera were included in the study, all three groups being important bioindicators of treeless habitats. Since these groups differ in life histories and occupy diverse functional niches they may respond differently to various management approaches as well as other habitat characteristics.

Sampling method

We used yellow pan water traps (YPWT; Moericke, 1951) deployed in transects across all patches. Although the YPWT are generally used for sampling of flower-visiting insects (Kuras et al., 2000; Monsevičius, 2004; Campbell & Hanula, 2007; Wilson et al., 2008), they do represent a standardized method that can be useful for comparison across sites

(Wilson et al., 2008). Moreover, previous studies successfully used this method for other guilds of invertebrates, e.g. Homoptera (Mochida & Suryana, 1976; Boiteau, 1990), Araneae (Blades & Marshall, 1994), Orthoptera (Evans & Bailey, 1993) and Coleoptera (Leksono et al., 2005). The YPWT were plastic bowls 15 cm in diameter and 8 cm deep filled with a preserving liquid (water solution of sodium chloride enriched with commercial detergent). They were placed on the ground and the surrounding vegetation was mown and removed in the circle ($d = 1$ m) around the trap to avoid shading and biased sampling. The YPWT sampled from the end of May until the end of August in the first season of investigation (2009) and from the 3rd week of June until the penultimate week of September in the second year (2010). We had to postpone the first date of sampling due to unfavourable weather conditions during spring 2010. The samples were collected at approximately ten-day intervals, ten times during each field season. Each sample was preserved in 95% ethanol. All specimens were divided and counted within each higher taxon; subsequently butterflies, bumblebees and beetles were identified to species level, except of problematic species of small herbivorous beetles, which were identified up to the family level (most of Mordellidae, Nitidulidae, some representatives of Chrysomelidae etc.). These specimens were included only to the analyses on the level of orders. The nomenclature followed Fauna Europaea database (version 2.5.; <http://www.faunaeur.org>).

Sampling design

We studied four types of grassland management: (i) mowing, (ii) cattle grazing, (iii) combination of mowing and grazing and (iv) “no management” during the vegetation season (N). These treatments were carried out for at least five consecutive years. Moreover, we focused on the actual effect of cutting and grazing on arthropods. Grazing intensity was lower than 1 cattle/ha (specifically it reached 0.82 and 0.84 cattle/ha for the grazed sites). The meadows were not fertilised and were cut once a year using roller mower without conditioner (cutting height 6 cm). In the first year of investigations (2009), the meadows were mown in the first week of July. In the second year, the area was mown gradually in six steps between 29th of June 2010 and the 25th of August 2010. The cattle grazing started at the experimental pasture sites in mid-June and lasted for 30 days. The sites with combined effects of mowing and grazing were mown earlier, in the first week of July, and then grazed for approximately one month from the last week of August to the last week of September. Finally, in the patches, called for purpose of this study as “no management”, the vegetation cover was left uncut and was not grazed during yearly investigations throughout the vegetation period. The vegetation was then cut or grazed later in the autumn (October – November). The design of the survey consisted of 12 grassland patches, each of four management treatments were represented by three units (Fig. 1).

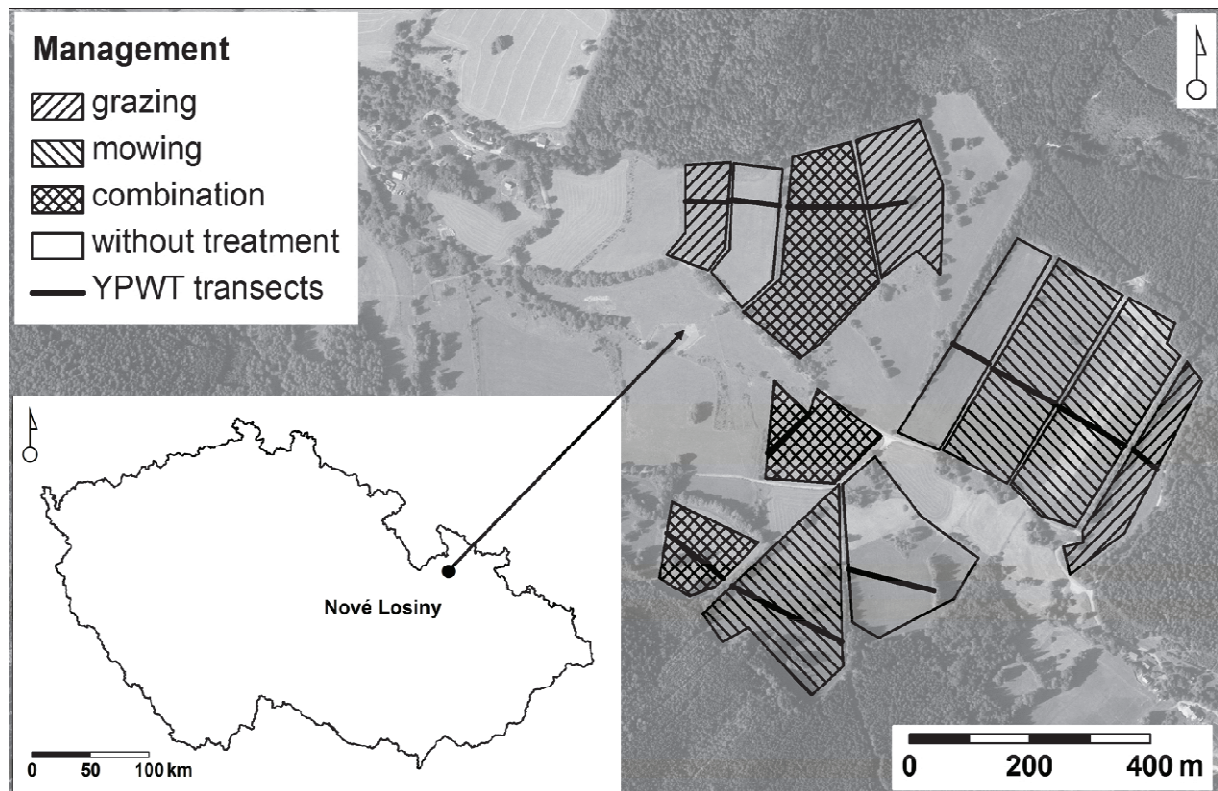


Fig. 1. Location of study area in the Czech Republic, mutual position of sites with different long-term management treatments and position of transects within sites.

The patches were situated on the plain ground or on the gentle slope; we selected study plots of similar elevation (from 750 to 780 m above sea level) and inclination. Average size of the patches was 2.38 ha (the smallest covered the area of 1.16 ha, the largest the area of 4.81 ha). All the patches were delimited by distinct boundaries – belts of trees, forest edges or grass baulks. We distinguished two types of edges - *baulks* and *groves*. The baulks were perennial treeless strips (breadth 5-10 m) and groves were strips with matured trees providing a shady shelter (breadth 10-15 m).

Transects ran from one edge of a particular patch (formed either by baulk or grove) towards another. The distance between neighbouring traps was approximately 20 m. The mowed patches were sampled by 35 traps in total, the grazed patches by 11 traps and those with combination of grazing and mowing together were sampled by 13 traps. The patches without management during the vegetation season were sampled by 21 traps; the remaining 8 traps were situated inside of linear structures (i.e. baulks and groves). The number of traps sampling each management treatment corresponded to the area covered by patches of particular treatment.

Data arrangement

We first studied the immediate impact of grazing and mowing on the community structure of grassland invertebrates. The explanatory variables were *mowing* and *grazing*, both of them tested in interaction with *time* (*sensu* seasonality). *Mowing* was coded as ordinal variable on the following scale: 1, 0.5, 0.25, 0, which corresponds to the gradual restoration of the sward after disturbance. Immediately after the mowing, the value was 1, gradually decreasing in the following 10-days periods (0,5; 0,25), reaching zero (0) after 30 days from the date of mowing. We defined these values according to the time of sward recovery after the treatment, recorded during the regular fieldworks. The factor *grazing* was a categorical variable as it had only two variants, presence or absence, for the grazing intensity was low and equal in all sites. The *time* (*sensu* seasonality) was individually coded for each collection date as the number of day passed from the beginning of the year. Replication units for these analyses were samples from each collection date (20 collections per two seasons of investigations altogether) pooled within each of 12 patches.

We then focused on long-term effects of four types of management (i.e. mowing, grazing, both treatments, no management during vegetation season). These were investigated using rarefaction curves with the four management treatments (coded 1/0) as explanatory variables. In this case, replication unit was each of 12 patches with all samples pooled together.

At last, the effect of two linear landscape structures was assessed using ordination methods. The distances in metres from the nearest baulk and grove were individually recorded for each YPWT. Therefore, the replication unit was each trap (i.e. all samples obtained by particular trap during the experimental period were pooled).

The response variables used in the ordination analyses and GLM were (i) a number of representatives of each order of invertebrates and (ii) a number of individuals of each species belonging to three targeted groups. Pooled numbers of representatives either of orders or of species within three groups was used for the construction of rarefaction curves.

Group of covariables was set on the base of forward selection and included abundance of flowers and degree of shading. Additionally, the distances from each type of linear element were also included as variables into the analyses of the impact of management, whereas the management measures were included as variables to test the role of local landscape structure.

Statistical analyses

We used ordination methods to investigate the influence of different management measures and landscape components on invertebrate community structure. Ordination analyses were conducted with CANOCO (version 4.5.); the length of gradients in species data was determinative for using either canonical correspondence analysis (CCA) or redundancy

analysis (RDA) (*sensu* Ter Braak & Šmilauer 2002). These were computed to relate gradients in species composition and abundances to external predictors and also to test the importance of these predictors. Data on abundances of individuals of the species/orders were log-transformed. We tested the models using Monte-Carlo permutation test (2000 permutations with split-plot design restricted to linear transects). Forward selection procedure was used to test environmental variables. Explanatory variables *mowing* and *grazing* were tested in interaction with *time*. Covariables included time, flower abundance and degree of shading and were selected also by forward selection. We calculated flower abundance for each trap during regular sample collection. We obtained four values according to the estimated number of flowers within a 5 m diameter circle with the trap in the centre. The categories of abundance were: <10 flowers (1), 10-100 fl. (2), 100-1000 fl. (3), >1000 fl. (4). The factor *shading* had three estimated categories according to the position of each trap to shading margins – from low (1) through medium (2) to high (3).

Furthermore, generalized linear models (GLM) with Poisson distribution were used to assess the impact of a particular factor (i.e. "mowing", "balk" and "grove") on the abundance within orders and on the species abundance of targeted groups. Finally, we used the analyses of functional diversity (*sensu* Mason et al. 2005). FD analyses were conducted for single taxon (Coleoptera) as the most heterogeneous taxa amongst targeted groups. Relationship between species richness of particular ecological trait or functional diversity as response variables and effect of mowing were examined using generalized linear model with gaussian error distribution and log link function. Standard errors were corrected using quasi-likelihood function. Effect of each explanatory variable was tested also for its significance of the quadratic transformation. Step-wise selection based on the lowest Akaike information criterion (AIC) was used to choose the right transformation function of the explanatory variable. We used an F-test to determine significance of each variable since it is a robust test for over-dispersed data. Rarefaction curves were constructed to show the long-term effects of the four management treatments on arthropod species richness/number of orders on sites delimited by each treatment. Data were analyzed using R software (R Development Core Team 2011) and Canoco (Ter Braak & Šmilauer, 1998).

Functional diversity analyses

We analysed functional diversity (=FD) of beetle community in relation to actual mowing, using functional diversity indices according to Mason et al. (2005). Other two groups were excluded from the analyses as their representatives are too similar to each other in their functional traits (e.g. all bumblebees are comparably flyers, both their larvae and imagoes feed on nectar and pollen; all butterflies consume the nectar whereas their caterpillars are herbivores). On the base of species-specific features and simple abundances of each species in sample we calculated the functional richness, evenness and divergence. The indices

were calculated for four levels of mowing effect (following the scale: 1, 0.5, 0.25, 0 – see above) and were square root transformed. The indices were calculated for the traps with the same actual level of mowing effect together, all sample sites with mowing treatment pooled. For the calculation of FD (*sensu* Mason et al. 2005) we selected these species traits: trophic group, habitat association and dispersal ability of imagoes (see Table 4 in Appendix). Species feeding on nectar and pollen were classified as “nectarivores”, groups depending predominantly on living plant tissues were categorized as “herbivores” whereas those consuming mainly dead plant litter and/or faeces were gathered in the group of “saprophagous” beetles. The category “necrophagous” was established for mainly carrion-feeding species, whereas the category “omnivores” was established for species with broad spectra of food resources. Moreover, species were divided into 4 groups according to their prevailing occurrence in habitat type: forest, open habitat, species associated with ecotones and mosaic landscape, euryoecious species (i.e. habitat generalists). Finally, dispersal ability was scaled as follows: 1 – low dispersal ability (local, sedentary species including all brachypterous beetles), 2 – high dispersal ability (vagile macropterous species, migrants). These functional traits were selected because it characterizes the species interaction with and exploitation of ecosystem. The species-specific characteristics were obtained from: Balthasar (1956), Tesař (1957), Smerczyński (1965, 1966, 1968, 1972), Freude et al. (1966, 1981), Warchalowski (1971, 1973), Read (1977), Thiele (1977), Šustek (1981), Berge Henegouwen (1986), Lindroth (1992), Sláma (1998), Hoebeke et al. (2000), Laibner (2000), Bińkowski (2001), Hůrka (2005), Stanovský & Půlpán (2006), Shields et al. (2009), Kubisz & Švihla (2013) and Miquel & Vasko (2014).

RESULTS

The total number of collected individuals reached 134 411, representing 16 orders of insects and four taxa of other arthropods. We included the following orders into the analyses, with the total number of sampled individuals in parentheses: Araneae (3 779), Coleoptera (6 342), Collembola (243), Dermaptera (1093), Diptera (78 023), Ephemeroptera (449), Hemiptera (20 969), Hymenoptera (9 644), Lepidoptera (3 119), Mecoptera (4 699), Neuroptera (118), Opilionida (1 967), Orthoptera (2 476) and Thysanoptera (1 271). Other taxa (i.e. Acari, Blattodea, Odonata, Plecoptera, Psocoptera and Trichoptera) were removed due to low number of representatives (less than 100 individuals), indicating accidental occurrence.

Diptera and Hemiptera were the most numerous groups as they accounted for near 74% of the total number of individuals collected. Three insect groups were targeted in detail, their representatives in samples were identified to species level. Day-active butterflies and burnet moths (*Zygaenidae*) were represented by 2070 individuals of 41 species, bumblebees and cuckoo bumblebees accounted for 482 individuals of 14 species. Beetles identified to species

level contributed to the sample with 1975 specimens of 106 species. The most abundant lepidopteran species was *Maniola jurtina* (Linnaeus) with 525 individuals, followed by *Lycaena hippothoe* (Linnaeus), 306 ex.; *Aphantopus hyperantus* (Linnaeus), 301 ex. and *Lycaena virgaureae* (Linnaeus), 220 ex. Individuals of two stenotypic montane species of bumblebees, *Bombus soroensis* (Fabricius), 148 ex. and *B. wurflenii* Radoszkowski, 129 ex. covered two thirds of the whole sample in this group. As predicted, representatives of various guilds of herbivorous species were the most abundant amongst beetles, e. g. specialised, oligophagous leaf beetles *Cryptocephalus sericeus* (Linnaeus), 369 ex. and *C. moraei* (Linnaeus), 164 ex. and polyphagous widespread generalist *Phyllopertha horticola* (Linnaeus 1758), 151 ex. Numerous individuals of necrophagous species of the family Silphidae were frequently recorded in the samples, e. g. *Nicrophorus vespillo* (Linnaeus); 164 ex., *Silpha tristis* Illiger, 141 ex. and others.

As well as, we recorded species of conservation interest, such as *Parnassius mnemosyne* (Linnaeus), *Hesperia comma* (Linnaeus) and *Argynnis adippe* (Dennis & Schiffermüller); two sensitive bumblebee species associated with mountain habitats *Bombus jonellus* (Kirby) and *B. wurflenii*; and *Bolboceras armiger* (Scopoli), an endangered termophilous scarab beetle, usually found at xerothermic steppe vegetation of warm lowlands.

Effects of management activities

The effects of diverse management measures were tested at two different taxonomic levels – order and species level. The impact of management was also investigated at two different time-span levels – actual management (i.e. immediate effect of particular management measure in a given year), and long term management (one of the four management treatments, used at the study plots for at least five consecutive years).

Immediate effects of grassland management

In Fig. 2 we show the results of ordination analysis used to reveal the immediate influence of two management measures tested in interaction with time on particular taxa. Structure of arthropod communities differed among study sites treated with mowing and grazing (Table 1), with a significant effect of factor *mowing~time* ($F = 12.80$, $P = 0.022$). The gradient along horizontal canonical axis corresponds to the dispersal abilities of the taxa (Fig. 2). More mobile taxa predominate within the right part of the diagram (Diptera, Lepidoptera, Hemiptera and Coleoptera). In contrast, wingless surface-active groups are situated on the left side (Opilionida, Araneae and Collembola).

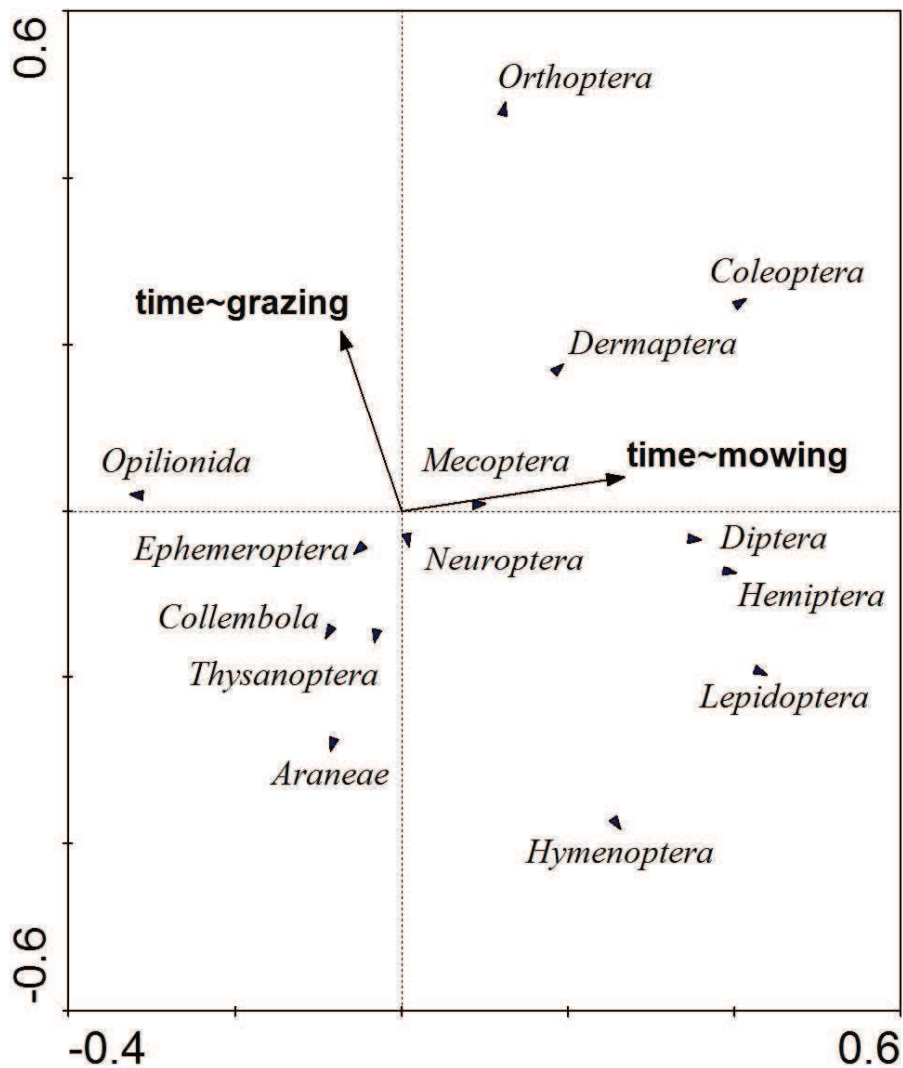


Fig. 2. Biplot CCA of actual management variables tested in interaction with time (mowing * time and grazing * time) and relative abundance of grassland arthropods (orders). Only the orders with total abundance >100 individuals were included into analysis.

Additional GLM analyses supported the hypothesis that more mobile taxa, represented by flying species, e.g. Mecoptera and Neuroptera, might not be substantially affected by disturbance through either mowing or grazing. Other mobile groups such as Diptera, Coleoptera and Hymenoptera may even be found in higher numbers in samples from cut sward (Table 1). In contrast, more sedentary taxa unable to fly (Collembola, Opilionida, Dermaptera) significantly tended to cluster in the plots with undisturbed vegetation (Table 1). None of arthropod taxa did show any significant respond to cattle grazing (Table 1).

Table 1: Immediate individual responses of invertebrate taxa to management predicted by generalized linear models (with pooled numbers of individuals within taxa as dependent variables and two management treatments – mowing and grazing – as explanatory variables). Taxa were divided according to their dispersal abilities. High mobile taxa were those represented mostly by flying species, less mobile group included mainly wingless taxa. Factors with significant impact on the taxa and their p-values are listed **in bold**.

Dispersal	Taxon	Mowing			Grazing			
		Regression coefficient		F	P	Regression coefficient		
		B	B ²			B	B ²	
High mobile	Coleoptera	0.96		53.13	< 0.001	0.07	0.04	0.15
	Diptera	0.37		22.47	< 0.001	-0.04	0.45	0.17
	Ephemeroptera	-8.25		2.00	0.16	-7.64	0.16	0.31
	Hemiptera	-1.36	1.78	6.26	< 0.01	0.25	0.61	0.43
	Hymenoptera	1.00	-0.99	3.62	< 0.05	-0.49	3.21	0.07
	Lepidoptera	0.25		1.46	0.23	-0.85	1.75	0.18
	Mecoptera	0.11		0.10	0.25	-1.20	0.99	0.32
	Neuroptera	-0.88		0.16	0.31	-4.30	0.12	0.27
	Orthoptera	-2.38	2.31	4.19	< 0.01	1.24	1.13	0.30
Less mobile	Araneae	-0.45		2.15	0.14	-1.96	3.03	0.08
	Collembola	-25.84		6.20	< 0.05	-6.03	0.40	0.47
	Dermoptera	-0.02		< 0.001	< 0.05	0.45	0.01	0.24
	Opiliona	-0.97		11.75	< 0.001	0.47	1.13	0.30

Subsequently, we analysed responses to both mowing and grazing in interaction with time on the species level using RDA (Fig. 3). Similarly to previous analysis, the factor *mowing~time* significantly affected structure of insect community (F = 2.41, P = 0.001), whereas the response of species to factor *grazing~time* was weak and inconclusive (F = 0.97, P = 0.502). Interestingly, majority of species seemed to be supported by the applied mowing regime (Fig. 3, Table 2).

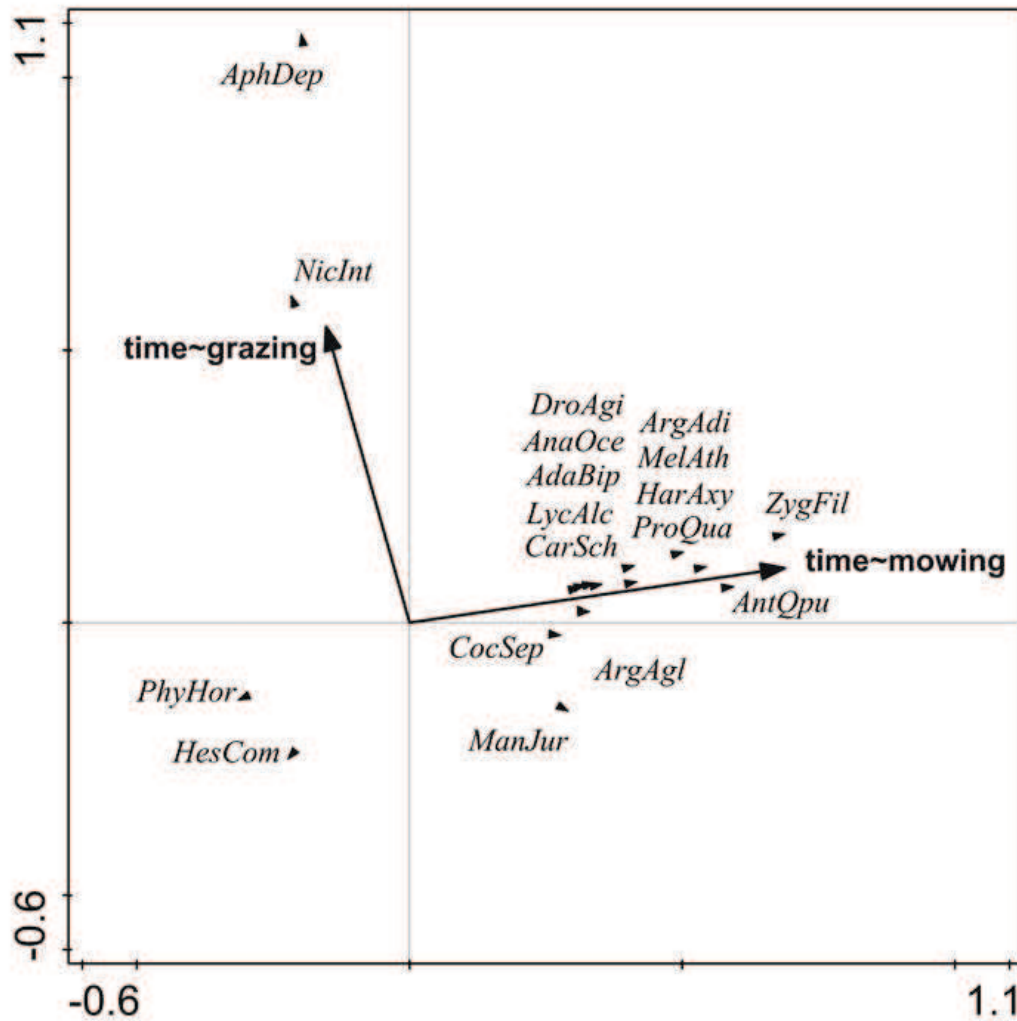


Fig. 3. Biplot RDA of actual management variables tested in interaction with time (mowing* time and grazing * time) and relative abundance of species. Only species with a fit-range >1% are depicted in the ordination diagram. Names of species are denoted by triangles with acronyms: *Adalia bipunctata* (*AdaBip*), *Anatis ocellata* (*AnaOce*), *Aphodius depressus* (*AphDep*), *Argynnis adippe* (*ArgAdi*), *Argynnis aglaja* (*ArgAgl*), *Anthaxia quadripunctata* (*AntQpu*), *Carabus scheidleri* (*CarSch*), *Coccinella septempunctata* (*CocSep*), *Dromius agilis* (*DroAgi*), *Harmonia axyridis* (*HarAxy*), *Hesperia comma* (*HesCom*), *Lycaena alciphron* (*LycAle*), *Maniola jurtina* (*ManJur*), *Melitaea athalia* (*MelAth*), *Nicrophorus interruptus* (*NicInt*), *Phyllopertha horticola* (*PhyHor*), *Propylea quatordecimpunctata* (*ProQua*), *Zygaena filipendulae* (*ZygFil*).

Table 2: Immediate individual responses of species of target groups to the mowing predicted by generalized linear models (with pooled numbers of individuals within species as dependent variables). We included only species with total abundance ≥ 5 and with statistically significant, or nearly significant response. Species with significant response to mowing have their P-values and regression coefficients listed in **bold**.

Species	N	F	P	B	AIC
<i>Aglais urticae</i>	29	3.51	0.06	-2.76	231.52
<i>Anthaxia quadripunctata</i>	82	18.21	<0.001	2.89	253.70
<i>Argynnis adippe</i>	7	4.80	0.03	2.14	72.83
<i>Argynnis aglaja</i>	21	6.06	0.01	1.69	186.04
<i>Cantharis fusca</i>	21	0.01	0.07	-4.02	218.77
<i>Gonepteryx rhamni</i>	5	0.01	0.08	0.17	59.94
<i>Harmonia axyridis</i>	5	4.61	0.03	2.35	58.14
<i>Hesperia comma</i>	153	6.12	0.01	-1.41	783.28
<i>Lycaena hippothoe</i>	306	4.27	0.04	0.67	1432.96
<i>Lycaena tityrus</i>	16	4.94	0.03	-24.58	146.42
<i>Nicrophorus vespillo</i>	164	0.01	0.08	0.06	1070.41
<i>Oedemera virescens</i>	16	0.01	0.06	0.08	145.82
<i>Poecilus cupreus</i>	41	3.53	0.06	-2.65	323.00
<i>Phyllopertha horticola</i>	151	5.38	0.02	-3.39	1059.61
<i>Propylea quatordecimpunctata</i>	7	6.23	0.01	2.31	71.52
<i>Serica brunnea</i>	11	0.01	0.02	0.03	120.31
<i>Silpha obscura</i>	56	0.01	0.05	0.08	522.49
<i>Thanatophilus sinuatus</i>	70	0.00	0.01	0.01	551.78
<i>Vanessa cardui</i>	138	6.82	0.01	-2.20	802.61

As the previous analyses revealed the immediate effect of mowing as determining factor for community structure of arthropods, we included it as main factor to the analyses of functional diversity of beetles. Our results revealed significant increase of functional divergence on the recently mowed sites compared to places with grown sward ($F = 5.88$, $P = 0.026$). Contrary to functional divergence, functional evenness and richness did not changed significantly along the gradient of mowing effect ($F = 0.00$, $P = 0.9795$; $F = 3.48$, $P = 0.059$).

Further, we analysed potential changes in proportion of particular functional groups of beetles along the intensity of mowing effect. Forest species responded negatively to mowing ($P < 0.001$). In contrast, group of species associated with open habitats significantly preferred the medium-grown sward to both full-grown and recently mown vegetation ($P = 0.002$) (Fig. 4a). Mowing caused a decrease of herbivorous taxa in samples ($P < 0.001$), whereas nectarivores seemed to be supported ($P < 0.001$) (Fig. 4b).

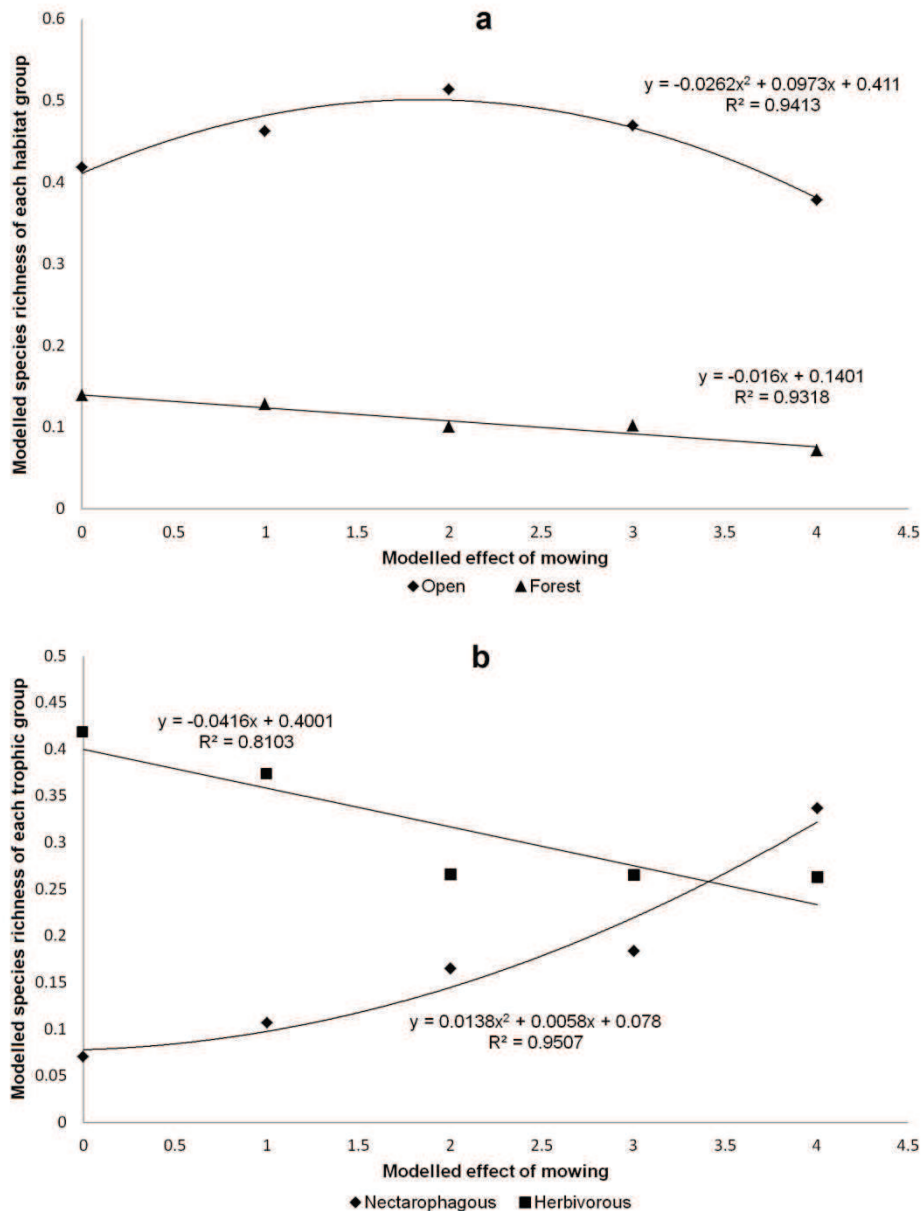


Fig. 4. Modelled effect of mowing on standardized species richness within (a) habitat and (b) trophic functional groups of beetles predicted by generalized linear model with gaussian error distribution and log link function. Step-wise selection based on the lowest Akaike information criterion (AIC) was used to choose the right transformation function of the explanatory variable, F-test was used to determine significance of each variable. Species richness of each functional group in samples from particular effect of mowing was standardized by total species richness of given functional group through all levels of mowing effect. Only the significant responses of functional groups are depicted.

Effects of long-term management

Our study of long-term management comprises sites treated with four distinctive management regimes over a long period (i.e. at least five consecutive years). In order to obtain an objective measure to make comparisons between the four managements in the mean of species richness/number of orders supported by each management treatment, we

constructed the rarefaction curves. Mowing always surpassed other treatments, while grazing consistently supported the lowest numbers of species/taxa (Fig. 5).

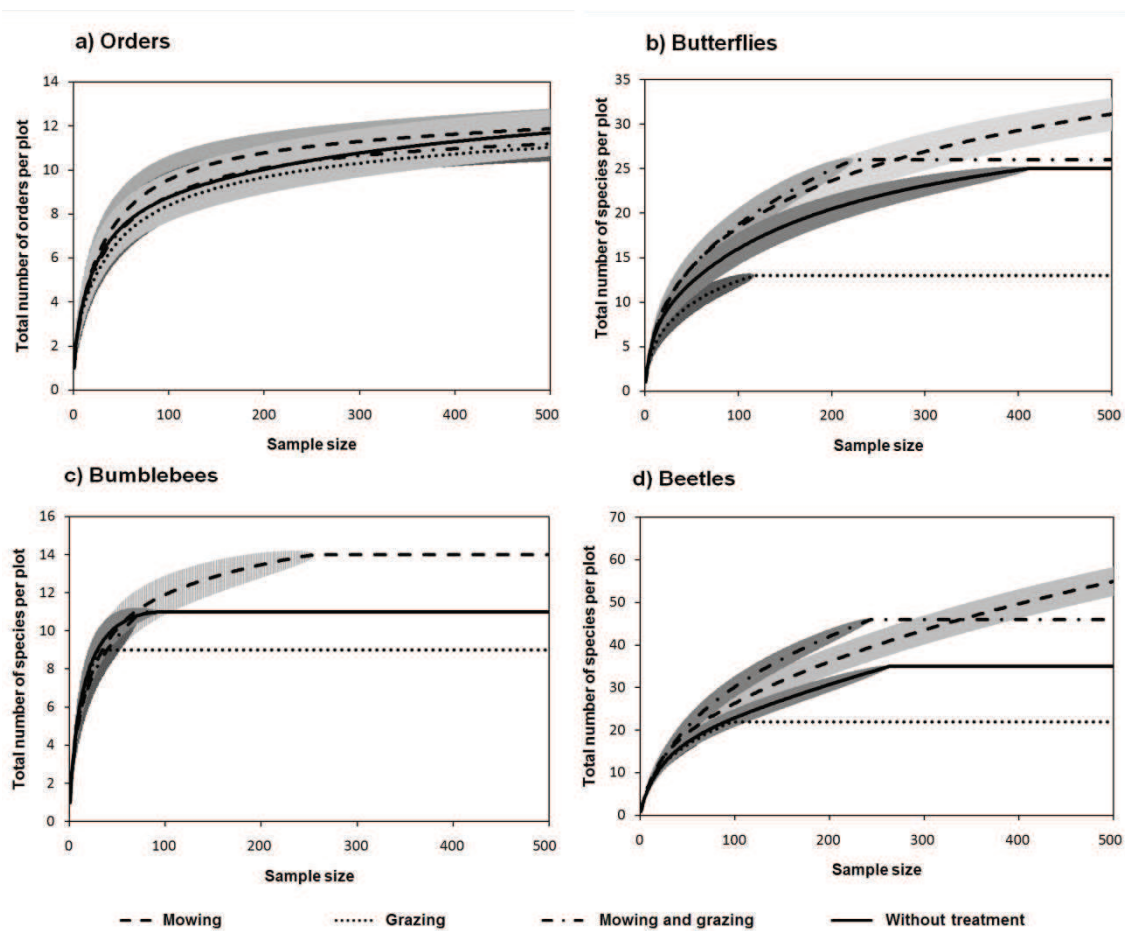


Fig. 5. Total number of taxa (a) and number of species representing targeted groups (b, c, d) detected on plots managed by specific management treatment for at least five consecutive years. 95% confidence intervals are depicted for each rarefaction curve.

The role of linear landscape features

The final aim of our study was to reveal the impacts of linear landscape features, classified as baulks and groves (see above), on the community structure of grassland arthropods. Therefore, we first conducted GLM with numbers of representatives of all orders as a response variable. The results showed significant effects on majority of investigated groups, mainly positively associated with both groves and baulks (Table 3).

Table 3: Individual effects of both types of linear landscape structures (groves, baulks) on particular taxa of invertebrates associated with grasslands, predicted by GLM (with pooled numbers of individuals within taxa for each trap as dependent variables and distance of each trap from both types of margins as explanatory variables). Factors with significant impact on the taxa and their p-values are listed **in bold**.

Taxon	Grove				Baulk			
	Regression coefficient		F	P	Regression coefficient		F	P
	B	B ²			B	B ²		
Araneae	0.01		23.03	< 0.001	0.02	-0.001	12.31	< 0.001
Collembola	0.001		0.03	0.137	-0.01		2.17	0.14
Coleoptera	0.01		22.67	< 0.001	-0.01	0.001	19.65	< 0.001
Dermoptera	0.002		0.158	0.31	-0.003		0.59	0.44
Diptera	-0.01	0.001	10.24	< 0.001	0.004	-0.001	3.47	< 0.05
Ephemeroptera	-0.001		0.001	< 0.01	0.001		1.17	0.28
Hemiptera	0.01	-0.001	3.84	< 0.05	-0.001		16.14	< 0.001
Hymenoptera	-0.01		15.55	< 0.001	0.001		0.89	0.35
Lepidoptera	-0.01		4.76	< 0.05	0.001		0.23	0.37
Mecoptera	-0.001		0.54	0.46	-0.01	0.01	12.54	< 0.001
Neuroptera	-0.02		2.23	0.14	0.07	-0.001	2.84	0.05
Opiliona	0.01	-0.001	2.72	0.07	0.03	-0.001	36.63	< 0.001
Orthoptera	0.02	-0.001	11.34	< 0.001	-0.01		64.81	< 0.001

Second, we concentrated on the effects of groves and baulks on particular species of targeted groups. Whereas majority of butterfly species tended to be found close to both types of margins, numerous beetle species increased in numbers towards the centre of meadows. The responses of bumblebee species were mixed (Figs 6a, b, c).

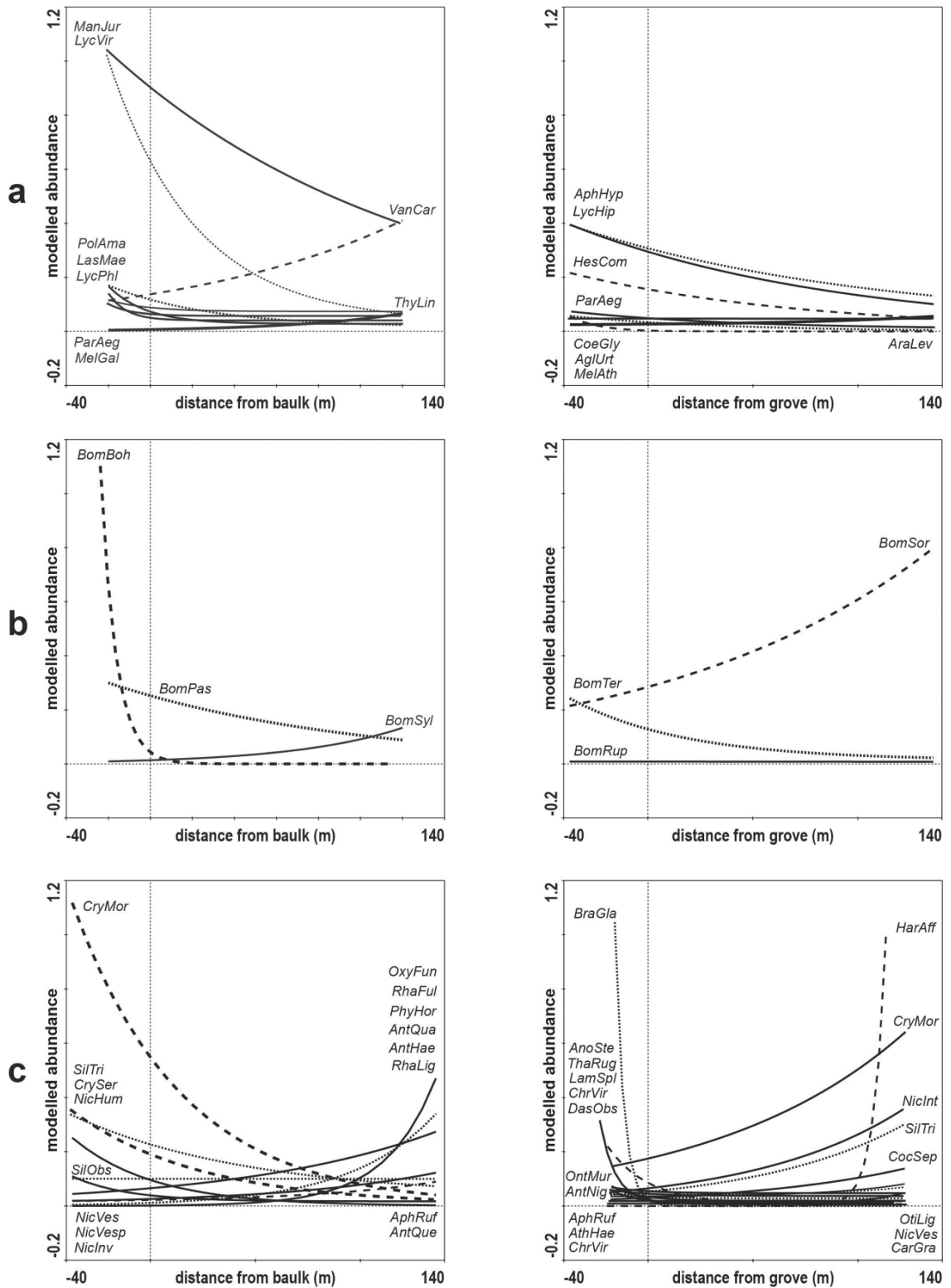


Fig. 6. Individual responses of butterfly (a), bumblebee (b) and beetle (c) species to baulks and groves predicted by GLM (with numbers of individuals within species pooled for each trap as dependent variables and distance of each trap from both types of margins as explanatory variables). Only species significantly affected by each margin are listed. Acronyms of species with positive response to baulks/groves are placed in left part of diagrams, acronyms of species negatively influenced by presence of baulks/groves are situated in right part of pictures. Responses of particular species are denoted by curves with following abbreviations: (a) *Aglais urticae* (*AglUrt*), *Aphantopus hyperantus* (*AphHyp*), *Araschnia levana* (*AraLev*), *Coenonympha glycerion* (*CoeGly*),

Hesperia comma (HesCom), *Lasiommata maera* (LasMae), *Lycaena hippothoe* (LycHip), *Lycaena phlaeas* (LycPhl), *Lycaena virgaureae* (LycVir), *Maniola jurtina* (ManJur), *Melanargia galathea* (MelGal), *Melitaea athalia* (MelAth), *Pararge aegeria* (ParAeg), *Polyommatus amandus* (PolAma), *Thymelicus lineola* (ThyLin), *Vanessa cardui* (VanCar); (b) *Bombus bohemicus* (BomBoh), *Bombus pascuorum* (BomPas), *Bombus terrestris* (BomTer), *Bombus soroeensis* (BomSor), *Bombus sylvarum* (BomSyl), *Bombus rupestris* (BomRup); (c) *Anoplotrupes stercorosus* (AnoSte), *Anthaxia quadripunctata* (AntQua), *Anthaxia quercata* (AntQue), *Antherophagus nigricornis* (AntNig), *Aphodius rufipes* (AphRuf), *Athous haemorrhoidalis* (AthHae), *Brachypterus glaber* (BraGla), *Carabus granulatus* (CarGra), *Coccinella septempunctata* (CocSep), *Cryptocephalus moraei* (CryMor), *Cryptocephalus sericeus* (CrySer), *Chrysanthia viridissima* (ChrVir), *Chrysolina fastuosa* (ChrFas), *Dasytes obscurus* (DasObs), *Harpalus affinis* (HarAff), *Lamprohiza splendidula* (LamSpl), *Nicrophorus interruptus* (NicInt), *Nicrophorus investigator* (NicInv), *Nicrophorus humator* (NicHum), *Nicrophorus vespillo* (NicVes), *Nicrophorus vespilloides* (NicVesp), *Ontholestes murinus* (OntMur), *Otiorhynchus ligustici* (OtiLig), *Oxythyrea funesta* (OxyFun), *Phyllopertha horticola* (PhyHor), *Rhagonycha fulva* (RhaFul), *Rhagonycha lignosa* (RhaLig), *Silpha obscura* (SilObs), *Silpha tristis* (SilTri), *Thanatophilus rugosus* (ThaRug).

DISCUSSION AND CONCLUSIONS

Immediate effects of grassland management

Our results have shown that different taxa of grassland arthropods responded to grassland management individually, yet we have found a general pattern (Fig. 2). Less mobile groups, especially those unable to fly, such as Opilionida, Collembola and Araneae, were negatively associated with mown areas (Fig. 2, Table 1). These groups might be strongly affected by mowing through direct mortality of individuals (Humbert et al., 2010; 2012) and habitat deterioration, both due to their limited dispersal abilities when compared to winged groups. On the contrary, the abundance of some highly mobile groups (Coleoptera, Diptera, and Lepidoptera) tended to increase in the samples from cut areas (Fig. 2, Table 1). This trend was apparent also on the species-level analyses (Fig. 3, Table 2) as all taxa assessed belong to primarily winged groups with only few exceptions within Coleoptera (e.g. some Carabidae and Curculionidae). We suggest following potential explanations of the investigated trend:

First, the mowing immediately depletes the majority of food resources in cut plots (Cizek et al., 2012). Simultaneously, representatives of the taxa that showed a positive response to mowing belonged mainly to groups with high dispersal abilities. Depleted food supply may drive the mobile species to seek intensively more suitable patches with plentiful resources (Hossain et al., 2002). Due to the intensive movements across the area the probability of “being caught” may therefore enhance. Second, the attractiveness of YPWT probably increases after the removal of flowering plants (Wilson et al., 2008).

This explanation is supported also by results of functional traits analysis – we have revealed significant increase in abundances of nectarophagous beetles towards the recently mown, i.e. flowerless sites (Fig. 4b). On the contrary, total abundance of herbivorous beetles

significantly decreased (Fig. 4b), which is the consequence of food resource loss. For example, imagoes of abundant scarab beetle *Phyllopertha horticola* feed predominantly on fully-grown vegetation or even shrubs and trees (Bogatko 1990), therefore the species has shown significant negative response to mowing (Table 2).

The actual effect of mowing on species of target groups is individual and not unified. Substantial part of analysed species responded positively to mowing (Table 2). This might be either a methodical artefact as majority of species belong to good dispersers, or a consequence of cautious, non-extensive mowing that could support spatial and temporal variability of the area (Benton et al. 2003).

Unlike mowing, grazing did not have instantaneous effects on any arthropod taxa (Fig 2, Table 1). Concurring with Batáry et al. (2007, 2008), we highlight the role of different grazing pressure on composition of insect communities. Considering that grazing intensity in our plots reached only 0.82 and 0.84 cattle/ha, we regard this low intensity grazing as an explanation for the observed effects, reduced to non-significant trends (e.g. a negative response of Araneae and Hymenoptera to grazing – see Table 1). Seemingly positive effect of grazing on dung beetle *Aphodius depressus* (Fig. 3) reflects more likely the attraction of species to fresh cattle faeces than the own influence of grazing (Hanski et al. 1987).

Long-term effects of management

We investigated four types of management (mowed plots, grazed plots, combination of both or no management during the vegetation period until the end of September) using rarefaction curves. These were constructed to reveal an association between each type of regime and species richness/number of orders present on each particular site. Mowing supported the highest species richness of all three targeted groups and also the maximum number of orders. On the contrary, the lowest number of species was attributed to the plots managed by single grazing regime followed by patches without any management during the season. We stress that combined regime of mowing and grazing supported comparatively higher number of species amongst taxa than grazing alone (Fig. 5). Our explanation for this trend consists in the fact that grazing in our sites was of very low intensity (0.82 and 0.84 cattle/ha). Cattle did not graze sufficiently in the whole area, thus the numerous patches of vegetation remained ungrazed. This may have resulted in slow shift of plant composition (Matějková et al., 2003) towards lower numbers of competitive species, further influencing invertebrate communities. Such a trend might not be seen earlier than after years of this treatment implementation. In accordance with this interpretation are the results of rarefaction for sites treated with both grazing and cutting in each season. This treatment has always supported higher number of species and more orders than single grazing and, at the same time, less species and orders has been found on these sites compared to mown ones (Fig. 3). Under low grazing pressure, competitive plants (i.e. mainly grasses) which benefit from too

low intensity of grazing are probably partly suppressed by mowing. This may ensure more diversified vegetation and also more heterogeneous arthropod communities, than those found on grazed sites.

Suitability of mowing from the long-term point of view can be interpreted as follows: The most part of sampled individuals belonged to the species associated with treeless habitats. These habitats are strongly dependent on disturbance of natural succession resulting in formation of forest (Konvicka et al., 2008). It is observable that low intensity mowing, i.e. once *per annum*, distinguished in time and space, represents a suitable type of management in the long-term approach (Rundlof et al., 2008; Cizek et al., 2012). Although mowing immediately decreases the abundance of insect individuals (Humbert et al., 2009; 2010) its benefits consist in reliable suppression of both trees and competitive species of plants, often dominant grasses (Gibson, 2009). This effect ensures a substantial diversity of plant species, with flowering dicotyledons included, which together with diverse architecture of plants (Strong et al., 1984; Haysome & Coulson, 1998; Espírito-Santo et al., 2007) probably support the diversity of various guilds of insects (Hutchinson, 1959; Knop et al., 1999), the next constituent of the food chain. In other words, grassland invertebrates must be adapted to disturbances, which is consistent with the results of partial analysis of functional diversity focused on habitat association of species. Mowing supported the single functional group – open habitat species, although they reached maximal abundances after partial recovery of swards (Fig. 4a).

Effect of linear landscape components

We examined the importance of two types of linear landscape components – grass baulks and tree groves – for arthropod communities of submontane grasslands. Using GLM, we have found the majority of higher taxa tended to occur in high numbers close to both types of margins (Table 3), where the animals may take advantage of the specific microclimate and sheltered environment (Maudsley, 2000; Merckx et al., 2009). In contrast, the abundance of beetles and spiders significantly grew towards the centre of the meadows, i.e. with the increasing distance from both types of margins (Table 3). This might be attributed to the trends in the most abundant species belonging to the groups closely bound to open habitats (e.g. beetles: *Anthaxia* spp., Eschscholtz, 1829; *Rhagonycha* spp., Eschscholtz, 1830; *Oxythyrea funesta* – see Fig. 6c and spiders, for instance *Xysticus* spp., C. L. Koch, 1835; *Pachygnatha degeeri*, Sundevall, 1830; *Pardosa palustris* (Linnaeus, 1758)).

Finally, GLM were used to reveal responses of individual species within lepidopterans, bumblebees and beetles (Figs 6a, b and c). Lepidoptera were strongly and positively affected by both grass baulks and groves on the species level. The majority of butterfly species was nested closely along the linear components, including typical grassland dwellers, such as ringlets *Maniola jurtina* and *Aphantopus hyperanthus* (cf. Kulfan et al., 2012), coppers

Lycaena virgaureae and *L. hippothoe* or skipper *Hesperia comma* (Fig. 6a). Such a clear response might be interpreted as a consequence of the environment; near the edges being more sheltered with grown vegetation compared to the regularly disturbed area of meadows (Merckx et al., 2009). Lepidopterans may use the margins as windbreaks, but also as a refuge from predation (Merckx et al., 2010). Linear landscape features may also serve as corridors for many species, including butterflies (Davies & Pullin, 2007) and, finally, the ecotonal effect could play the role in place where multiple habitats meet (e.g. Downie et al. 1996, Ewers & Didham 2006, Vu 2009).

In contrast, bumblebees were not influenced by the presence of groves (see Table 2). This may be due to the fact that bumblebees are able to fly even in harsh conditions (Goulson, 2010), i.e. low temperatures, windy and even rainy weather, thus they do not need as much shelter as butterflies require. Alternatively, this trend may reflect individual demands of each species on nesting sites and flowers as nectar and pollen resources (Connop et al., 2010), which might be the explanation for individual trends in abundance of particular species (Fig. 6b).

Conservation summary

Our study was performed in the submontane treeless area managed for at least five years under Czech AES. The grasslands of the study site were treated with low intensity grazing and cautious mowing. The farmer joined some above-standard measures integrated in the Czech AES (i.e. gradual mowing of particular blocks and uncut strips left for the whole vegetation season). Despite the purportedly benign agricultural management, we have found significant impacts of mowing. On short time-scale, mowing negatively influenced, above all, less mobile taxa, unable to fly. In contrast, long-term mowing performed once per year supported the highest species richness within most of investigated taxa. Additionally, both types of margins, i.e. grass baulks and tree groves, substantially affected the arthropod community structure. The majority of investigated groups were positively associated with these linear structures. Therefore, we suggest the following recommendations based on our results and findings of other recent studies (e.g. Merckx et al., 2009; 2010; Fabriciusová et al., 2011; Cizek et al., 2012; Humbert et al., 2012; etc.):

(i) As the mowing tested in the interaction with time was the important predictor for grassland invertebrates in a short-time span, we emphasize the key role of appropriate timing for this treatment. The maximum abundances of invertebrates were detected in July (Mazalová, *personal observation*), this therefore seems to be the worst time for mowing. Nevertheless, we sampled almost entirely adults. It means that immobile larval stages (usually more sensitive to disturbances caused by mowing and/or grazing) reach their maxima earlier in the season. Thus we recommend postponement of the mowing to the second half of July.

Moreover, the mowing period should be split into no less than two gradual stages to ensure at least part of the swards being undisturbed at the moment;

(ii) Additionally, uncut strips left until the beginning of the next vegetation season may help to mitigate negative effects of mowing;

(iii) These strips might support the main part of grassland arthropods, especially if located along the permanent landscape features as grass baulks and forest groves. There may be also general positive effects of all borders due to heterogeneity increase (Hansen & Castri, 1992);

(iv) The establishment of linear landscape structures as groves (tree strips) and baulks (fallow, grassy strips) can substantially increase the biological value of agroecosystems (e.g. Balmer & Erhardt 2000, Baur et al. 2006, Kulfan et al. 2012), primarily in the conditions of Central European farmland, recently affected by agricultural intensification.

ACKNOWLEDGEMENTS

We are very grateful to F. Trnka and R. Gabriš for determination of beetles and to J. Stanovský for help with coleopteran characteristics necessary for the analyses of functional diversity. V. Smetana deserves many thanks for problematic bumblebee species determination and helpful comments on their ecology. We are much obliged to I. Pur, the nature-friendly-thinking owner of the farmland where the survey took place. V. Marková and A. Gouveia kindly checked our English. Last but not least we thank two anonymous referees. Funding of the research project was provided by the Ministry of the Environment of the Czech Republic (VaV SP/2D3/155/08).

REFERENCES

- ANDERSEN A.N. 1995: Measuring more of biodiversity: genus richness as a surrogate for species richness in Australian ant faunas. — *Biol. Conserv.* **73**: 39–43.
- BALMER O. & ERHARDT A. 2000: Consequences of succession on extensively grazed grasslands for Central European butterfly communities: rethinking conservation practices. — *Conserv. Biol.* **14**: 746–757.
- BALTHASAR V. 1956: *Brouci listorozi – Lamellicornia. Díl I. Lucanidae – roháčovití, Scarabaeidae – vrubounovití. Pleurosticti*. Fauna ČSR sv. 8. *Lamellicorn beetles – Lamellicornia. Volume I. Lucanidae – stag beetles, Scarabaeidae – scarab beetles. Pleurosticti*. Fauna of Czechoslovakia 8. NČSAV, Praha, 287 pp. (in Czech, German and Russian summary).
- BATÁRY P., BÁLDI A. & ERDŐS S. 2007: Grassland versus non-grassland bird abundance and diversity in managed grasslands: local, landscape and regional scale effects. — *Biodivers. Conserv.* **16**: 871–881.
- BATÁRY P., BÁLDI A., SAMU F., SZÚTS T. & ERDŐS S. 2008: Are spiders reacting to local or landscape scale effects in Hungarian pastures? — *Biol. Conserv.* **141**: 2062–2070.
- BAUR B., CREMENE C., GROZA G., RAKOSY L., SCHILEYKO A., BAUR A., STOLL P. & ERHARDT A. 2006: Effects of abandonment of subalpine hay meadows on plant and invertebrate diversity in Transylvania, Romania. — *Biol. Conserv.* **132**: 261–273.
- BENTON T.G., VICKERY J.A. & WILSON J.D. 2003: Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? — *Trends Ecol. Evol.* **18**: 182–188.
- BERGE HENEGOUWEN A. 1986: *Revision of the European species of Anacaena*. — *Entomol. Scand.* **17**: 393–407.
- BIAGGINI M., CONSORTI R., DAPPORTO L., DELLACASA M., PAGGETTI E. & CORTI C. 2007: The taxonomic level order as a possible tool for rapid assessment of Arthropod diversity in agricultural landscapes. — *Agr. Ecosyst. Environ.* **122**: 183–191.
- BIEŃKOWSKI A.O. 2001: A study on the genus *Chrysolina* Motschulsky, 1860, with a checklist of all the described subgenera, species, subspecies and synonyms (Coleoptera: Chrysomelidae: Chrysomelinae). — *Genus* **12**: 105–235.
- BLADES D.C.A. & MARSHALL S.A. 1994: Terrestrial arthropods of Canadian peatlands: Synopsis of pan trap collections at four southern Ontario peatlands. In FINNAMORE A.T. & MARSHALL S.A. (eds.): *Terrestrial Arthropods of Peatlands, with Particular Reference to Canada*, Symposium volume on Peatland Arthropods. — *Mem. Ent. Soc. Can.* **169**: 221–284.
- BOGATKO W. 1990: Food preference of ornamental poplars and willows of *Phyllopertha horticola* L. and *Melasoma vigintipunctatum* Scop., Coleoptera. — *Polskie Pismo Entomologiczne* **60**: 205–210.
- BOITEAU G. 1990: Effect of trap color and size on relative efficiency of water-pan traps for sampling alate aphids (Homoptera: Aphididae) on potato. — *J. Econ. Entomol.* **83**: 937–942.
- BURI P., HUMBERT J.-Y., ARLETTAZ R. 2014: Promoting pollinating insect in intensive agricultural matrices: Field-scale experimental manipulation of hay-meadow mowing regimes and its effects on bees. — *PLoS ONE* **9**(1): e85635. doi:10.1371/journal.pone.0085635.
- CADOTT M.W., CARSCADDEN K., MIROTSCHNICK N. (2011): Beyond species: functional diversity and the maintenance of ecological processes and services. *J. Appl. Ecol.*, **48**: 1079–1087.
- CAMERON S.A., HINES H.M. & WILLIAMS P.H. 2007: A comprehensive phylogeny of the bumble bees (*Bombus*). — *Biol. J. Linnean Soc.* **91**: 161–188.
- CAMPBELL J.W. & HANULA J.L. 2007: Efficiency of Malaise traps and coloured pan traps for collecting flower visiting insects from three forested ecosystems. — *J. Insect Conserv.* **11**: 399–408.
- CIZEK O., ZAMECNIK J., TROPEK R., KOCAREK P. & KONVICKA M. 2012: Diversification of mowing regime increases arthropods diversity in species-poor cultural hay meadows. — *J. Insect. Conserv.* **16**: 215–226.
- CONNOP S., HILL T., STEER J. & SHAW P. 2010: The role of dietary breadth in national bumblebee (*Bombus*) declines: Simple correlation? — *Biol. Conserv.* **143**: 2739–2746.

- DAVIES K.F., CHESSON P., HARRISON S., INOUE B.D., MELBOURNE B.A. & RICE K.J. 2005: Spatial heterogeneity explains the scale dependence of the native-exotic diversity relationship. — *Ecology* **86**: 1602–1610.
- DAVIES Z.G. & PULLIN A.S. 2007: Are hedgerows effective corridors between fragments of woodland habitat? An evidence-based approach. — *Landscape Ecol.* **22**: 333–351.
- DEBANO S. 2006: Effects of livestock grazing on aboveground insect communities in semi-arid grasslands of southeastern Arizona. — *Biodivers. Conserv.* **15**: 2547–2564.
- DOWNIE I.S., COULSON J.C. & BUTTERFIELD E.L. 1996: Distribution and dynamics of surface-dwelling spiders across a pasture-plantation ecotone. — *Ecography* **19**: 29–40.
- DUFFEY E., MORRIS M.G., SHEAIL J., WARD L.K., WELLS D.A. & WELLS T.C.E. 1974: *Grassland Ecology and Wildlife Management*. Chapman & Hall, London.
- EKROOS J., HELIÖLÄ J. & KUUSAAARI M. 2010: Homogenization of lepidopteran communities in intensively cultivated agricultural landscapes. — *J. Appl. Ecol.* **47**: 459–467.
- ESPÍRITO-SANTO M.M., DE S. NEVES F., ANDRADE-NETO F.R. & FERNANDES G.W. 2007: Plant architecture and meristem dynamics as the mechanisms determining the diversity of gall-inducing insects. — *Oecologia* **153**: 353–364.
- EVANS E.W. & BAILEY K.W. 1993: Sampling grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) in Utah grasslands: pan trapping versus sweep sampling. — *J. Kansas Entomol. Soc.* **66**: 214–222.
- EWERS R.M. & DIDHAM R.K. 2006: Continuous response functions for quantifying the strength of edge effects. — *J. Appl. Ecol.* **43**: 527–536.
- FABRICIUSOVÁ V., KAŇUCH P. & KRIŠTÍN A. 2011: Response of Orthoptera assemblages to management of montane grasslands in the Western Carpathians. — *Biologia*, **66**: 1127–1133.
- FREUDE H., HARDE K.W. & LOHSE G.A. 1966: *Die Käfer Mitteleuropas, vol. 9 Phytophaga (Cerambycidae, Chrysomelidae)*. Goecke & Evers, Krefeld, 299 pp.
- FREUDE H., HARDE K.W. & LOHSE G.A. 1981: *Die Käfer Mitteleuropas 10 Rhynchophora I (Curculionidae, Bruchidae)*. Goecke & Evers, Krefeld, 310 pp.
- GIBSON D.J. 2009: *Grasses and grassland ecology*. Oxford University Press, Oxford, 305 pp.
- GOULSON D. 2010: *Bumblebees. Behaviour, Ecology and Conservation*. Oxford University Press, New York, 317 pp.
- HANSEN A.J. & DI CASTRI F. (eds.) 1992: *Landscape boundaries: consequences for biotic diversity and ecological flows*. Springer-Verlag, New York, 452 pp.
- HANSKI I. 1987: *Nutritional ecology of dung- and carrion-feeding insects*. In: SLANSKY F.JR. and RODRIGUES J.G. (Eds.): *Nutritional ecology of insects, mites and spiders*. John Wiley and Sons, New York. pp. 837–884.
- HAYSOM K.A. & COULSON J.C. 1998: The Lepidoptera fauna associated with *Calluna vulgaris*: effects of plant architecture on abundance and diversity. — *Ecol. Entomol.* **23**: 377–385.
- HOEBEKE E.R., BYERS R.A., ALONSO-ZARAZAGA M.A. & STIMMEL J.F. 2000: *Ischnopterapion (Chlorapion) virens* (Herbst) (Coleoptera: Curculionoidea: Brentidae: Apioninae), a Palearctic clover pest new to North America: Recognition features, distribution and bionomics. — *Proc. Entomol. Soc. Wash.* **102**: 151–161.
- HOLUŠA J. 2012: Grasshoppers and bushcrickets regionally extinct in the Czech Republic: consequence of the disappearance of habitats scattered on the edge of their ranges. — *J. Insect Conserv.* **16**: 949–960.
- HOSSAIN Z., GURR G.M., WRATTEN S.D. & RAMAN A. 2002: Habitat manipulation in lucerne *Medicago sativa*: arthropod population dynamics in harvested and ‘refuge’ crop strips. — *J. Appl. Ecol.* **39**: 445–454.
- HUMBERT J.-Y., GHAZOUL J. & WALTER T. 2009: Meadow harvesting techniques and their impacts on field fauna. — *Agr. Ecosyst. Environ.* **130**: 1–8.
- HUMBERT J.Y., GHAZOUL J., RICHNER N. & WALTER T. 2010: Hay harvesting causes high orthopteran mortality. — *Agr. Ecosyst. Environ.* **139**: 522–527.

- HUMBERT J.-Y., GHAZOUL J., RICHNER N. & WALTER T. 2012: Uncut grass refuges mitigate the impact of mechanical meadow harvesting on orthopterans. — *Biol. Conserv.* **152**: 96–101.
- HŮRKA K. 2005: *Brouci České a Slovenské republiky. Beetles of the Czech and Slovak Republics*. Kabourek, Zlín, 390 pp.
- HUTCHINSON G. 1959: Homage to Santa Rosalia, or why are there so many kinds of animals? — *Am. Nat.* **93**: 145–159.
- ISELL F., CALCAGNO V., HECTOR A., CONNOLLY J., HARPOLE W.S. ET AL. 2011: High plant diversity is needed to maintain ekosystém services. *Nature*, 477: 199–202.
- KONVICKA M., BENES J., CIZEK O., KOPECEK F., KONVICKA O. & VITAZ L. 2008: How too much care kills species: Grassland reserves, agri-environmental schemes and extinction of *Colias myrmidone* (Lepidoptera: Pieridae) from its former stronghold. — *J. Insect. Conserv.* **12**: 519–525.
- KRUESS A. & TSCHARNTKE T. 2002: Grazing intensity and the diversity of grasshoppers, butterflies and trapping bees and wasps. — *Conserv. Biol.* **16**: 1570–1580.
- KUBISZ D. & ŠVIHLA V. 2013: Coleoptera: Oedemeridae. — *Folia Heyrovskyana* **17**(B): 1–12.
- KULFAN J., ŠTRBOVÁ E. & ZACH P. 2012: Effect of vegetation and management on occurrence of larvae and adults of generalist *Maniola jurtina* L. (Lepidoptera) in meadow habitats. — *Pol. J. Ecol.* **60**: 601–609.
- KURAS T., BENEŠ J. & KONVIČKA M. 2000: Differing habitat affinities of four *Erebia* species (Lepidoptera: Nymphalidae, Satyrinae) in the Hruby Jeseník Mts, Czech Republic. — *Biología* **55**: 169–175.
- LAIBNER S. 2000: *Elateridae of the Czech and Slovak Republics*. Kabourek, Zlín, 292 pp.
- LEKSONO A.S., TAKADA K., KOJI S., NAKAGOSHI N., ANGGRAENI T. & NAKAMURA K. 2005: Vertical and seasonal distribution of flying beetles in a suburban temperate deciduous forest collected by water pan trap. — *Insect. Sci.* **12**: 199–206.
- LINDROTH C.H. 1992: *Ground beetles (Carabidae) of Fennoscandia. A zoogeographical study: Part 3. Part I. Specific knowledge regarding the species*. Smithsonian Institution Libraries and the National Science Foundation, Washington, 630 pp.
- MASON N.W.H., MOUILLOT D., LEE W.G. & WILSON J.B. 2005: Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. — *Oikos* **111**: 112–118.
- MATĚJKOVÁ I., VAN DIGGELEN R. & PRACH K. 2003: An attempt to restore a central European species-rich mountain grassland through grazing. — *Appl. Veg. Sci.* **6**: 161–168.
- MAUDSLEY M.J. 2000: A review of the ecology and conservation of hedgerow invertebrates in Britain. — *J. Environ. Manage.* **60**: 65–76.
- MERCKX T., FEBER R.E., MCLAUGHLAN C., BOURN N.A.D., PARSONS M.S., TOWNSEND M.C., RIORDAN P. & MACDONALD D.W. 2010: Shelter benefits less mobile moth species: The field-scale effect of hedgerow trees. — *Agr. Ecosyst. Environ.* **138**: 147–151.
- MERCKX T., FEBER R.E., RIORDAN P., TOWNSEND M.C., BOURN N.A.D., PARSONS M.S. & MACDONALD D.W. 2009: Optimizing the biodiversity gain from agri-environment schemes. — *Agr. Ecosyst. Environ.* **130**: 177–182.
- MIQUEL M.A. & VASKO B.N. 2014: A study of the association of *Odonteus armiger* (Scopoli, 1772) (Coleoptera: Geotrupidae) with the European rabbit. — *J. Entomol. Zool. Stud.* **1**: 157–167.
- MOERICKE V. 1951: Eine Farbfalle zur Kontrolle des Fluges von Blattläusen, insbesondere der Pflanzschädler *M. ersicae* (Sulz). — *Nachrbl. Dtsch. Pflanzschutzd.* **3**: 23–24.
- MOCHIDA O. & SURYANA T. 1976: Occurrence of the brown planthopper, *Nilaparvata lugens* (Homoptera: Delphacidae), on rice in Indonesia. — *Rice Entomol. Newsl.* **4**: 39.
- MONSEVIČIUS V. 2004: Comparison of three methods of sampling wild bees (Hymenoptera, Apoidea) in Èepkeliai Nature Reserve (South Lithuania). — *Ekologija* **4**: 32–39.
- PLESNÍK J. & STAŇKOVÁ J. (eds.) 2001: *Status of biological resources and implementation of the Convention on Biological Diversity in the Czech Republic. First report*. Ministry of the Environment of the Czech Republic, Prague, 72 pp.

- POSCHLOD P. & WALLISDEVRIES M.F. 2002: The historical and socioeconomic perspective of calcareous grasslands – lessons from the distant and recent past. — *Biol. Conserv.* **104**: 361–376.
- READ R.W.J. 1977: *Notes on the biology of Cionus scrophularia, together with preliminary observations on C. tuberculosus and C. alauda.* — *Entomol. Gazette* **28**: 183–202.
- ROBINSON R.A. & SUTHERLAND W.J. 2002: Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain. — *J. Appl. Ecol.* **39**: 157–176.
- RUNDLOF M., BENGTSSON J. & SMITH H.G. 2008: Local and landscape effects of organic farming on butterfly species richness and abundance. — *J. Appl. Ecol.* **45**: 813–820.
- SHIELDS E.J., TESTA A., NEUMANN G., FLANDERS K.L. & SCHROEDER P.C. 2009: Biological control of alfalfa snout beetle with a multi-species application of locally-adapted persistent entomopathogenic nematodes: the first success. — *Am. Entomol.* **55**: 250–257.
- SCHMIDT M.H., ROSCHEWITZ I., THIES C. & TSCHARNTKE T. 2005: Differential effects of landscape and management on diversity and density of ground-dwelling farmland spiders. — *J. Appl. Ecol.* **42**: 281–287.
- SJÖDIN N.E., BENGTSSON J. & EKBOM B. 2008: The influence of grazing intensity and landscape composition on the diversity and abundance of flower-visiting insects. — *J. Appl. Ecol.* **45**: 763–772.
- SKALOŠ J. 2006: Patterns and changes of intensively utilised agricultural landscape in the Czech Republic between 1937 and 2002, aerial photography analysis. — *Ekologia* **21**: 232–248.
- SKALOŠ J., WEBER M., LIPSKÝ Z., TRPÁKOVÁ I., ŠANTRŮČKOVÁ M., UHLÍŘOVÁ L. & KUKLA P. 2011: Using old military survey maps and orthophotograph maps to analyse long-term land cover changes – Case study (Czech Republic). — *Appl. Geogr.* **31**: 426–438.
- SLÁMA M.E.F. 1998: *Tesaříkovití, Cerambycidae, České republiky a Slovenské republiky (Brouci – Coleoptera). Long-horn beetles of Czech Republic and Slovakia.* Milan Sláma, Krhanice, 383 pp.
- SMRECZYŃSKI S. 1965: *Coleoptera: Curculionidae: introduction, Apioninae. Klucze owadów Polski XIX(98a).* Polski związek entomologiczny, Warszawa, 80 pp.
- SMRECZYŃSKI S. 1966: *Coleoptera: Curculionidae: Otiorrhynchinae, Brachyderinae. Klucze owadów Polski XIX(98b).* Polskie Towarzystwo entomologiczne, Warszawa, 130 pp.
- SMRECZYŃSKI S. 1968: *Klucze do oznaczania owadów Polski, Część XIX, Chrząszcze – Coleoptera. Zeszyt 98c, Ryjkowce-Curculionidae. Podrodziny Tanymericinae, Cleoninae, Tanyrhynchinae, Hylobiinae.* PWN, Warszawa, 106 pp.
- SMRECZYŃSKI S. 1972: *Coleoptera: Curculionidae: Curculioninae: Dryophthorini, Cossonini, Bagoini, Tanyssphyrini, Notarini, Smicronychini, Ellescini, Acalyptini, Tychiini, Anthonomini, Curculionini, Pissodini, Magdalini, Trachodini, Rhynchophorini, Cryptorhynchini.* Klucze owadów Polski XIX(98d). Polskie Towarzystwo entomologiczne, Warszawa, 195 pp.
- STANOVSKÝ J. & PULPÁN J. 2006: *Střevlíkovití brouci Slezska (severovýchodní Moravy).* Muzeum Beskyd, Frýdek-Místek, 159 pp.
- STOATE C., BÁLDI A., BEJA P., BOATMAN N.D., HERZON I., VAN DOORN A., DE SNOO G.R., RAKOSY L. & RAMWELL C. 2009: Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe – a review. — *J. Environ. Manag.* **91**: 22–46.
- STOATE C., BOATMAN N.D., BORRALHO R., RIO CARVALHO C., DE SNOO G. & EDEN P. 2001: Ecological impacts of arable intensification in Europe. *J. Environ. Manag.* **63**: 337–365.
- STRONG D.R., LAWTON J.H. & SOUTHWOOD T.R.E. 1984: *Insects on plants: community patterns and mechanisms.* Oxford, Blackwell Sci., 313 pp.
- ŠUSTEK Z. 1981: *Mrchožroutovití Československa (Coleoptera, Silphidae)* — Zpr. Čs. Společ. Entomol. ČSAV. Klíče k určování hmyzu 2, 46 pp.
- TANABE S.-I., KHOLIN S.K., CHO Y.-B., HIRAMATSU S.-I., OHWAKI A. et al. 2008: A higher-taxon approach with soil invertebrates to assessing habitat diversity in East Asian rural landscapes. In HONG S.-K.,

- NAKAGOSHI N., FU B.J. & MORIMOTO Y. (eds): Landscape Ecological Applications in Man-Influenced Areas: Linking Man and Nature Systems, Springer Science+Business Media B.V., 163-177.
- TER BRAAK C.J.F. & ŠMILAUER P. 2002: CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5.). Microcomputer Power, Ithaca, NY, USA.
- TESAŘ Z. 1957: *Brouci Listoroží Lamellicornia díl II: Scarabeidae – Vrubounovití, Laparosticti. Fauna ČSR sv. 11. Lamellicorn beetles – Lamellicornia. Volume II Scarabeidae – scarab beetles.* Fauna of Czechoslovakia 11. NČSAV, Praha, 343 pp. (in Czech, German and Russian summary).
- THIELE H.U. 1977: *Carabid beetles in their environments. A study on habitat selection by adaptation in physiology and behaviour.* Springer, Berlin Heidelberg New York, 369 pp.
- VU L.V. 2009: Diversity and similarity of butterfly communities in five different habitat types at Tam Dao National Park, Vietnam. *J. Zool.* **277**: 15–22.
- WARCZALOWSKI A. 1971: *Coleoptera: Chrysomelidae: Donacinae, Orsodacninae, Criocerinae, Clytrinae, Cryptocephalinae, Lamprosomatinae, Eumolpinae.* Klucze owadów Polski XIX(94a), 114 pp.
- WARCZALOWSKI A. 1973: *Coleoptera: Chrysomelidae: Chrysomelinae, Galerucinae.* Klucze owadów Polski XIX(94b). 97 pp.
- WILSON J.S., GRISWOLD T. & MESSINGER O.J. 2008: Sampling bee communities (Hymenoptera: Apiformes) in a desert landscape: Are pan traps sufficient? – *J. Kansas Entomol. Soc.* **81**: 288–300.
- WOODCOCK B.A., PYWELL R.F., ROY D.B., ROSE R.J. & BELL D. 2005: Grazing management of calcareous grasslands and its implications for the conservation of beetle communities. — *Biol. Conserv.* **125**: 193–202.

APPENDIX

Table 4: Functional characteristics of beetle species and their abundances in samples from each level of mowing effect

Taxon	Habitat ^a	Trophic group ^b	Dispersal ^c	Mowing ^d				Total ^e abd
				1	0.5	0.25	0	
Anthicidae								
<i>Notoxus monoceros</i>	O	C	2	0	0	0	1	1
Brentidae								
<i>Apion frumentarium</i>	O	H	2	0	0	0	3	3
<i>Ischnopterapion virens</i>	O	H	2	0	1	0	0	1
Buprestidae								
<i>Anthaxia helvetica</i>	M	N	2	0	3	0	3	6
<i>Anthaxia quadripunctata</i>	M	N	2	28	19	2	26	75
Cantharidae								
<i>Cantharis fusca</i>	G	C	2	2	0	0	17	19
<i>Cantharis nigricans</i>	G	C	2	0	0	0	6	6
<i>Rhagonycha fulva</i>	G	C	2	1	1	40	42	84
<i>Rhagonycha gallica</i>	F	C	2	0	0	0	1	1
<i>Rhagonycha lignosa</i>	F	C	2	0	0	0	2	2
Carabidae								
<i>Amara aenea</i>	O	H	2	0	0	0	1	1
<i>Amara aulica</i>	O	H	2	0	0	0	1	1
<i>Amara nitida</i>	G	H	2	0	0	0	1	1
<i>Carabus granulatus</i>	F	C	1	1	0	0	3	4
<i>Carabus scheidleri</i>	G	C	1	1	0	0	0	1
<i>Carabus violaceus</i>	G	C	1	0	0	0	1	1
<i>Dromius agilis</i>	F	C	2	1	0	0	0	1
<i>Harpalus affinis</i>	O	H	2	0	0	0	7	7
<i>Ophonus rufibarbis</i>	O	H	2	0	0	0	1	1
<i>Poecilus cupreus</i>	O	O	2	0	1	1	36	38
<i>Pseudoofonus rufipes</i>	O	H	2	0	0	1	0	1
<i>Pterostichus melanarius</i>	G	C	1	0	0	0	1	1
<i>Pterostichus niger</i>	F	C	1	0	0	0	1	1
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i>	F	C	1	0	0	0	1	1
Cerambycidae								
<i>Agapanthia intermedia</i>	O	H	2	0	0	0	1	1
<i>Alosterna tabacicolor</i>	M	N	2	0	0	0	2	2
<i>Aromia moschata</i>	M	N	2	0	0	0	1	1
<i>Evodinus clathratus</i>	M	N	2	0	0	0	1	1
<i>Leptura maculicornis</i>	M	N	2	0	0	0	1	1

Taxon	Habitat ^a	Trophic group ^b	Dispersal ^c	Mowing ^d				Total ^e abd
<i>Pseudovadonia livida</i>	M	N	2	0	0	0	2	2
<i>Stictoleptura rubra</i>	M	N	2	0	0	1	1	2
Chrysomelidae								
<i>Chrysolina fastuosa</i>	G	H	2	0	0	0	2	2
<i>Chrysolina oricalcia</i>	G	H	2	0	0	0	1	1
<i>Chrysolina staphylea</i>	O	H	2	0	0	0	1	1
<i>Cryptocephalus moraei</i>	M	H	2	12	17	2	112	143
<i>Cryptocephalus sericeus</i>	O	H	2	18	17	57	206	298
<i>Galeruca tanacetii</i>	O	H	1	0	0	2	6	8
<i>Galerucella tenella</i>	O	H	2	0	1	0	1	2
<i>Plateumaris consimilis</i>	O	H	2	0	0	0	3	3
Coccinellidae								
<i>Adalia bipunctata</i>	M	C	2	1	0	0	0	1
<i>Anatis ocellata</i>	F	C	2	1	0	0	0	1
<i>Chilocorus renipustulatus</i>	F	C	2	0	0	0	1	1
<i>Coccinella septempunctata</i>	O	C	2	3	9	6	46	64
<i>Harmonia axyridis</i>	G	C	2	0	4	0	1	5
<i>Hippodamia variegata</i>	O	C	2	0	0	0	1	1
<i>Propylea quatordecimpunctata</i>	G	C	2	2	1	1	2	6
<i>Psyllobora vigintiduopunctata</i>	G	J	2	0	0	0	1	1
Cryptophagidae								
<i>Antherophagus nigricornis</i>	M	O	2	1	0	2	2	5
Curculionidae								
<i>Anthonomus rubi</i>	G	H	2	0	0	0	1	1
<i>Cionus tuberculatus</i>	G	H	2	0	0	0	1	1
<i>Hypera plantaginis</i>	O	H	2	0	0	0	1	1
<i>Otiiorhynchus ligustici</i>	O	H	1	0	1	0	1	2
<i>Sitona lineatus</i>	G	H	1	0	0	0	1	1
<i>Sitona sulcifrons</i>	G	H	1	0	0	0	1	1
<i>Trachyploeus bifoveolatus</i>	G	H	1	0	0	0	1	1
Elateridae								
<i>Agriotes obscurus</i>	O	H	2	0	0	0	10	10
<i>Agriotes ustulatus</i>	O	H	2	0	0	0	2	2
<i>Agrypnus murinus</i>	O	H	2	0	1	1	9	11
<i>Athous haemorrhoidalis</i>	G	H	2	0	0	0	3	3
<i>Ctenicera pectinicornis</i>	O	H	2	0	0	0	2	2
<i>Selatosomus aeneus</i>	F	H	2	0	0	0	3	3
Geotrupidae								
<i>Anoplotrupes stercorosus</i>	F	S	2	0	0	1	27	28

Taxon	Habitat ^a	Trophic group ^b	Dispersal ^c	Mowing ^d				Total abd ^e
<i>Odonteus armiger</i>	O	J	1	0	0	0	1	1
<i>Trypocopris vernalis</i>	G	S	2	1	0	1	2	4
Histeridae								
<i>Margarinotus striola</i>	G	D	2	0	0	0	1	1
Hydrophilidae								
<i>Anacaena globulus</i>	G	C	2	0	0	0	1	1
Kateretidae								
<i>Brachypterus glaber</i>	G	N	2	0	2	0	0	2
Lampyridae								
<i>Lamprohiza splendidula</i>	G	-	1	0	4	0	5	9
Leiodidae								
<i>Anisotoma humeralis</i>	F	J	2	0	0	0	1	1
Melyridae								
<i>Dasytes obscurus</i>	G	N	2	0	0	1	3	4
Oedemeridae								
<i>Chrysanthia viridissima</i>	M	N	2	0	0	0	2	2
<i>Oedemera virescens</i>	O	N	2	1	1	0	12	14
Scarabaeidae								
<i>Aphodius rufipes</i>	O	S	2	0	0	0	2	2
<i>Oxythyrea funesta</i>	O	N	2	2	10	17	56	85
<i>Phyllopertha horticola</i>	G	H	2	2	0	0	139	141
<i>Serica brunnea</i>	O	H	2	0	2	0	8	10
<i>Trichius fasciatus</i>	M	N	2	0	0	0	1	1
Silphidae								
<i>Nicrophorus humator</i>	F	D	2	0	0	0	2	2
<i>Nicrophorus interruptus</i>	O	D	2	0	0	1	5	6
<i>Nicrophorus investigator</i>	G	D	2	0	0	0	3	3
<i>Nicrophorus vespillo</i>	O	D	2	12	2	11	130	155
<i>Nicrophorus vespilloides</i>	F	D	2	0	3	5	54	62
<i>Oiceptoma thoracicum</i>	F	D	2	1	0	1	5	7
<i>Phosphuga atrata</i>	G	C	1	3	0	0	17	20
<i>Silpha carinata</i>	F	C	1	1	5	3	105	114
<i>Silpha obscura</i>	G	C	1	0	10	1	40	51
<i>Silpha tristis</i>	G	C	1	0	6	29	10	45
<i>Thanatophilus sinuatus</i>	O	D	2	4	3	3	44	54
<i>Thanatophilus rugosus</i>	O	D	2	0	2	0	1	3
Staphylinidae								
<i>Ontholestes murinus</i>	O	C	2	0	2	0	1	3
<i>Ontholestes tessellatus</i>	G	C	2	0	0	0	1	1

Taxon	Habitat ^a	Trophic ^b group	Dispersal ^c	Mowing ^d				Total ^e abd
<i>Oxyporus rufus</i>	G	C	2	0	0	0	1	1
<i>Philonthus marginatus</i>	O	C	2	0	0	0	1	1

^a Forest species are abbreviated as (F), open habitat species as (O), species with preference of transitional stages, mosaic of open habitats, shrubs and trees as (M), habitat generalists as (G). ^b Herbivorous species are abbreviated as (H), pollen and nectar feeders as (N), carnivores as (C), saprophagous species as (S), necrophagous as (D), fungivorous as (J) and omnivorous as (O). ^c Local, sedentary species including brachypterous beetles were categorized as low mobile (1), vagile species with good dispersal abilities as (2). ^d The effect of mowing is coded on following scale: 1, 0.5, 0.25, 0 (for more details see part Data arrangement). ^e Total abundance.

Curriculum vitae – Josef Kašák

Datum a místo narození: 21. listopadu 1984, Rýmařov, Česká republika

Vzdělání a odborná příprava

od 2009: prezenční doktorské studium oboru Zoologie, Katedra zoologie a ornitologická laboratoř, PřF UP v Olomouci

2007-2009: Mgr. v oboru Zoologie, Katedra zoologie a ornitologická laboratoř, PřF UP v Olomouci

2004-2007: Bc. v oboru Systematická biologie a ekologie, Katedra zoologie a ornitologická laboratoř, PřF UP v Olomouci

Zahraníční vědecko-výzkumné pobyty

únor 2013: University of Brunei Darussalam Kuala Belalong Field Studies Centre (Brunej)

září 2012-listopad 2012: Museum of Natural History at Wroclaw University (Polsko)

Výzkumné a výukové granty

2012-dosud: Výmladkové lesy jako produkční a biologická alternativa budoucnosti, v rámci OPVK CZ.1.07/2.3.00/20.0267, MŠMT, (člen řešitelského týmu)

2012: Tvorba demonstračních sbírek pro praktickou výuku biologických oborů G4/2198/2012 FRVŠ (člen řešitelského týmu)

2008-2013: Limity ochrany biodiverzity ve fragmentované krajině; v rámci VaV-SP 2d3/139/07, MŽP, (člen řešitelského týmu)

2005-2006: Vliv alochtonní borovice kleče na faunu bezobratlých v NPR Praděd (CHKO Jeseníky): na příkladu epigeických brouků; v rámci VaV SM/6/70/05, MŽP, (člen řešitelského týmu)

2005: Vliv sjezdových tratí na faunu bezobratlých v NPR Praděd (CHKO Jeseníky): na příkladu epigeických brouků; v rámci VaV/620/15/03, MŽP, (člen řešitelského týmu)

Pedagogická činnost

Podíl na výuce:

ZOO/SBP Fylogeneze a systém bezobratlých

ZOO/CTP Zoologická cvičení v terénu

Další odborná činnost

Vedení a konzultace bakalářských (3×) a diplomových (1×) prací

Posudky na bakalářskou práci (4×)

Seznam publikovaných prací

Mezinárodní impaktované (včetně připravovaných)

Kašák J., Holuša O., Foit J. et Knížek M.: (rukopis) *Scolytus koenigi* Schevyrew, 1890 (Coleoptera: Curculionidae): possible range expansion and notes on its biology. (Annals of Forest Research, v recenzním řízení)

Mazalová M., Šipoš J., Rada S., **Kašák J.**, Šarapatka B. et Kuras T.: (rukopis) Responses of grassland arthropods to various biodiversity-friendly management treatments: is there any compromise? (European Journal of Entomology, v recenzním řízení)

Kašák J., Mazalová M., Šipoš J. et Kuras T.: (rukopis) Dwarf pine - invasive plant threatens biodiversity of alpine beetles. (Biodiversity and Conservation, přijato k tisku)

Kašák J., Mazalová M., Šipoš J. et Kuras T. 2013: The effect of alpine ski-slopes on epigeic beetles: does even a nature-friendly management make a change? Journal of Insect Conservation. 17: 975-988.

Tuzemské recenzované

Kašák J., Trnka F. et Gabriš R. 2012: Results of entomological survey of beetles (Coleoptera) from the Borek u Domašova Natural Reserve (Jeseníky Protected Landscape Area): implications for conservation biology. Časopis Slezského muzea v Opavě. Série A. 61: 197-212.

Mazalová M., **Kašák J.** et Kuras T. 2012: Annotated entomological bibliography of the Praděd National Nature Reserve (Hrubý Jeseník Mts.). Časopis Slezského muzea v Opavě. Série A. 61: 23-42.

Kašák J. et Stanovský J. 2012: Postindustriální stanoviště – šance na přežití svižníka německého *Cicindela germanica* (Coleoptera: Carabidae). Acta Musei Beskidensis. 4: 175-177.

Kašák J. et Gabriš R. 2011: Nálezy ekofaunisticky významných druhů brouků (Coleoptera) na Jesenicku (severní Morava, Česká republika). Acta Musei Beskidensis. 3: 187-192.

Příspěvky na konferencích

Mezinárodní

- Kašák J.**, Foit. J. et Hula V. 2015: Ground beetles (Coleoptera – Carabidae) and their response to coppice management. In: Vild O. (ed.): Coppice forests: past, present and future. Brno, 2015 (poster).
- Kašák J.**, Šipoš J., Mazalová M. et Kuras T. 2013: Is it possible to determine the optimal landscape connectivity in relation to biodiversity of ground beetles (Carabidae)? In: Saska P., Knapp M., Honěk A. et Martínková Z. (eds.): 16th European carabidologist meeting. Praha, 2013 (poster).

Tuzemské

- Tošenovský E., **Kašák J.**, Volfová J. et Ševčíková K. 2014: Komplexní zoologický průzkum Olomouckého hradu – od průzkumu k praktickému managementu městských parků. In: Bryja J. et Drozd P. (eds.): Zoologické dny Ostrava 2014. Ostrava, 2014 (přednáška).
- Holec V. et **Kašák J.** 2012: Tesařík drsnorohý (*Aegosoma scabricorne*), tajemný obyvatel olomouckého parku. In: Bryja J., Albrechtová J. et Tkadlec E. (eds.): Zoologické dny Olomouc 2012. Olomouc, 2012 (poster).
- Kašák J.**, Mazalová M., Holec V. et Kuras T. 2011: Jak se žije motýlům v CHKO Jeseníky aneb seznam padlých a přeživších. In: Bryja J., Řehák Z. et Zukal J. (eds.): Zoologické dny Brno 2011. Brno, 2011 (přednáška).
- Šipoš J., **Kašák J.** et Kuras T. 2010: Je možné stanovit optimální konektivitu krajiny vzhledem k biodiverzitě? In: Bryja J., Zukal J. et Řehák J. (eds.): Zoologické dny Praha 2010. Praha, 2010 (poster).
- Kašák J.** 2009: Saproxyličtí brouci (Coleoptera) – ohrožené bohatství Jeseníků. In: Chlápek J. (ed.): 1969-2009 40 let CHKO Jeseníky. Karlova studánka, 2009 (přednáška).
- Kašák J.** et Kuras T. 2008: Představuje sjezdový areál Ovčárna - Petrovy kameny v NPR Praděd riziko pro bezobratlé? In: Tuf I.H. et Kostkan V. (eds.): Výzkum v ochraně přírody. Olomouc, 2008 (přednáška).
- Kašák J.** et Kuras T. 2007: Vliv alochtonní borovice kleče (*Pinus mugo*) na faunu bezobratlých v NPR Praděd (CHKO Jeseníky): na příkladu epigeických brouků. In: Bryja J., Zukal J. et Řehák J. (eds.): Zoologické dny Brno 2007. Brno, 2007 (přednáška).
- Kašák J.** et Kuras T. 2006: Vliv sjezdových tratí na faunu bezobratlých v NPR Praděd (CHKO Jeseníky): na příkladu epigeických brouků. In: Bryja J. et Zukal J. (eds.): Zoologické dny Brno 2006. Brno, 2006 (přednáška).

UNIVERZITA PALACKÉHO V OLOMOUCI

PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA

KATEDRA ZOOLOGIE A ORNITOLOGICKÁ LABORATOŘ



**Význam a ochrana bezlesí Hrubého Jeseníku z hlediska biodiverzity
brouků (Coleoptera)**

AUTOREFERÁT DISERTAČNÍ PRÁCE

Josef Kašák

P1527 – Biologie

Zoologie

prezenční studium

Olomouc 2015

Doktorská disertační práce byla vypracována při prezenční formě studia doktorského programu na Katedře zoologie a ornitologické laboratoři Univerzity Palackého v Olomouci v období 2009-2015.

Autor: Josef Kašák

Studijní program: P1527 Biologie

Studijní obor: Zoologie

Název práce: Význam a ochrana bezlesí Hrubého Jeseníku z pohledu biodiverzity brouků (Coleoptera)

Školitel: doc. RNDr. Jaroslav Starý, Ph.D.

Konzultant: RNDr. Tomáš Kuras, Ph.D.

Oponenti: doc. Ing. Jakub Horák, Ph.D.

doc. RNDr. Pavel Saska, Ph.D.

Obhajoba disertační práce se koná dne v na učebně číslo.....
Katedry zoologie a ornitologické laboratoře, Přírodovědecké fakulty Univerzity
Palackého, 17 listopadu 50, Olomouc.

Abstrakt

Biodiverzita jako variabilita života poskytuje lidské společnosti řadu nezbytných zdrojů, ekosystémových služeb a představuje také významnou kulturní hodnotu. Na druhé straně však dochází současně k jejímu ochuzování v souvislosti s rozvojem lidské společnosti. Z pohledu ochrany přírody se proto horské ekosystémy řadí mezi jedno z nejcennějších a nejohroženějších prostředí v globálním měřítku.

V rámci předložené doktorské práce byly studovány vybrané potenciálně významné antropické vlivy na biodiverzitu horských bezlesí Hrubého Jeseníku prostřednictvím modelové bioindikační skupiny brouků (Coleoptera). V prostoru primárního bezlesí arкто-alpinní tundry byl studován vliv sjezdových tratí a invazivní dřeviny borovice kleče (*Pinus mugo*) na společenstva brouků. Na území sekundárních bezlesí podhorských luk a pastvin byl hodnocen vliv zemědělského hospodaření na brouky a další bezobratlé.

Studium vlivu lyžařského areálu prokázalo, že přestože jsou sjezdové tratě v alpínské zóně zájmového území provozovány způsobem šetrným k vegetaci, tak průkazně mění původní společenstva epigeických brouků. V místech sjezdových tratí dochází k poklesu početností i změně funkční diverzity modelové skupiny. Sjezdové tratě se vyznačují poklesy indexů funkční rozrůzněnosti, což je způsobeno úbytkem specializovaných druhů původní arкто-alpinní tundry. Společenstva brouků dosahují v prostoru sjezdových tratí vyšších hodnot funkční bohatosti díky tomu, že jsou obohacena eurytopními druhy a zástupci původních biotopů zde přežívají, ale pouze ve zmenšené míře. Potenciální rozvoj lyžařských areálů proto přináší riziko pro biodiverzitu alpínské zóny Hrubého Jeseníku a je tedy z pohledu zachování unikátní bioty území nežádoucí.

Druhým regionálně velmi významným jevem působícím v alpínské zóně Hrubého Jeseníku je invaze nepůvodní borovice kleče (*Pinus mugo*), která mění společenstva střevlíkovitých brouků (Carabidae), a to tak, že s rostoucím zápojem a věkem porostů dochází k ochuzování původních společenstev. Tento jev je patrný na poklesech parametrů funkční diverzity i početností většiny druhů (zejména pak reliktních zástupců vázaných na bezlesí). Ve starých a zapojených porostech borovice kleče klesají indexy funkční bohatosti i rozrůzněnosti potravních vazeb, což je dáno úbytkem herbivorních a potravně specializovaných karnivorních střevlíkovitých. Podobně se mění i parametry funkční diverzity biotopových vazeb, kdy společenstva střevlíkovitých jsou funkčně nejbohatší v plochách mimo kleč - přesněji řečeno se středním zápojem dřeviny, kde mohou dočasně žít druhy různých nároků, dokud však kleč plochy zcela nezaroste. Expandující porosty nepůvodní

borovice kleče proto zásadním způsobem ohrožují společenstva arкто-alpinní tundry Hrubého Jeseníku. Pro ochranu biodiverzity alpínského bezlesí je potřeba tento negativní vliv borovice kleče prioritně řešit redukcí porostů.

Biodiverzita brouků sekundárních bezlesí podhorských luk a pastvin v Hrubém Jeseníku je formována zemědělským hospodařením. Studie zaměřená na vliv různých způsobů zemědělského hospodaření prokázala, že přestože okamžitý efekt seče na bezobratlé je negativní, tak v dlouhodobém časovém intervalu podporuje druhovou diverzitu. Společenstva lučních bezobratlých včetně brouků jsou pozitivně ovlivněna pruhy stromů a nesečené vegetace, které poskytují útočiště v době, kdy v okolí probíhá seč. Z hlediska podpory biodiverzity sekundárních bezlesí Hrubého Jeseníku je proto žádoucí, aby byly v zemědělsky obhospodařované krajině zavedeny formy ekologicky šetrného managementu, který zahrnuje: prostorově a časově diferencované seče a existenci pruhů stromů a nesečené vegetace.

Klíčová slova: arкто-alpinní tundra, bioindikace, funkční diverzita, invazivní rostlina, sjezdová trať, zemědělství.

Abstract

Biodiversity, as the variability of life, provides plenty of necessary resources and ecosystem services to the human society, representing also an important cultural value. At the same time, biodiversity is substantially depleted together with the human society's development. Mountain ecosystems belong to the most valuable and, simultaneously, most threatened environments worldwide.

Therefore, I focused on anthropogenic activities with a potential effect on the biodiversity of the Hrubý Jeseník treeless zone, using beetles (Coleoptera) as a model group of bioindicators. More specifically, the effect of ski-slopes and the influence of allochthonous dwarf pine (*Pinus mugo*) expansion on the beetle communities were studied within the treeless areas of arcto-alpine tundra. In contrast, the impact of various types of agricultural management on beetle and other invertebrate communities was investigated on a secondary treeless habitats – the submontane meadows and pastures.

The research revealed a significant effect of the ski-slopes on indigenous epigeic beetle communities, even though the ski-slopes are managed relatively carefully to the vegetation. Not only the abundance of the majority of beetle species decreased, but also the functional diversity of the beetle community significantly changed on the ski-slopes. More concretely, the functional divergence declined, while functional richness increased significantly on the ski-slopes. The first trend might reflect the disappearance of some ecologically distinctive, specialized tundra species of the ski-slopes. On the other hand, higher functional richness of the ski-slope communities probably consists in fact, that some tundra species still survive on those ski-slopes, albeit with lower abundances, while there are also eurytopic newcomers. Potential development of ski-resort in the topmost part of Hrubý Jeseník brings a risk to the valuable alpine biodiversity and should be prevented.

In the second part of my thesis I concerned the effect of an invasive plant (dwarf pine) on the carabid beetles (Carabidae). The model group responded strongly to the dwarf pine. Not only the majority of species (with the relic inhabitants of the treeless zone included) shown abundance decline with an increasing age and coverage of the dwarf pine stands, but also the functional diversity parameters significantly changed alongside. Both functional richness and divergence of trophic interactions significantly decreased in the old dwarf pine stands with high coverage, apparently as the result of food-specialized and herbivorous species decline.

Similar trend was found also in functional diversity of habitat association. The functional richness of carabids increased with the distance from the edge of dense dwarf pine stands, reaching its maximum in plots with moderate dwarf pine coverage. Anyway, these mosaic sites represent just temporary habitats for various ecological groups of carabids. Being left to spontaneous succession, the dwarf pine does completely overgrown those areas in the end. Expanding stands of allochthonous dwarf pine therefore represent a serious threat to the biodiversity of indigenous arcto-alpine tundra communities of the Hrubý Jeseník and should be reduced.

Unlike the primarily treeless areas, the biodiversity of secondary open habitats (submontane meadows and pastures) is formed by an agricultural management. My study focused on the effect of various management treatments and the role of linear landscape

components on the invertebrate communities. I have confirmed a negative immediate influence of mowing on arthropod abundances. In contrast, the positive role of mowing in maintaining of the beetle and other taxa richness became apparent only in long-term study. Finally, the distribution of the majority of arthropods was influenced by the position of permanent grassy baulks and tree groves. The role of both types of landscape components probably increase especially if the surrounding areas are mowed. For the successful support of biodiversity associated with the secondary open habitats, following management measures should be incorporated: postponement of the mowing and splitting the mowing period into two or more gradual stages; establishment of uncut strips.

Keywords: agriculture, arcto-alpine tundra, bioindication, functional diversity, invasive plant, ski-slope.

OBSAH

Seznam publikací doktoranda	8
1. Úvod	9
2. Cíle práce	10
3. Metodika	10
4. Shrnutí výsledků a diskuse	11
4.1. Antropické vlivy na biodiverzitu brouků primárního bezlesí Hrubého Jeseníku	12
4.2. Antropické vlivy na biodiverzitu brouků sekundárního bezlesí Hrubého Jeseníku	13
4.3. Návrh opatření pro ochranu biodiverzity bezlesí Hrubého Jeseníku	14
Seznam použité literatury	16
Curriculum vitae – Josef Kašák	20

SEZNAM PUBLIKACÍ DOKTORANDA

Předkládaná disertační práce je tvořena publikacemi a rukopisy, jež jsou označeny a citovány jako Příspěvky I-VI.

Příspěvek I

Kašák J. et Gabriš R. 2011: Nálezy ekofaunisticky významných druhů brouků (Coleoptera) na Jesenicku (severní Morava, Česká republika). *Acta Musei Beskidensis*. 3: 187-192.

Příspěvek II

Mazalová M., **Kašák J.** et Kuras T. 2012: Annotated entomological bibliography of the Praděd National Nature Reserve (Hrubý Jeseník Mts.). *Časopis Slezského muzea v Opavě. Série A*. 61: 23-42.

Příspěvek III

Kašák J., Trnka F. et Gabriš R. 2012: Results of entomological survey of beetles (Coleoptera) from the Borek u Domašova Natural Reserve (Jeseníky Protected Landscape Area): implications for conservation biology. *Časopis Slezského muzea v Opavě. Série A*. 61: 197-212.

Příspěvek IV

Kašák J., Mazalová M., Šipoš J. et Kuras T. 2013: The effect of alpine ski-slopes on epigeic beetles: does even a nature-friendly management make a change? *Journal of Insect Conservation*. 17: 975-988.

Příspěvek V

Kašák J., Mazalová M., Šipoš J. et Kuras T.: (rukopis) Dwarf pine - invasive plant threatens biodiversity of alpine beetles. (*Biodiversity and Conservation*, přijato k tisku).

Příspěvek VI

Mazalová M., Šipoš J., Rada S., **Kašák J.**, Šarapatka B. et Kuras T.: (rukopis) Responses of grassland arthropods to various biodiversity-friendly management treatments: is there any compromise? (*European Journal of Entomology*, v recenzním řízení).

1. ÚVOD

Biodiverzita je variabilita života na každém stupni hierarchického žebříčku v prostorové škále biologické organizace (Wilson 1988), přičemž její vysoká míra různorodosti a bohatosti je jedním z nejvíce fascinujících jevů přírody (Gaston 2000, Maclaurin et Sterelny 2008). Biodiverzita zároveň poskytuje lidské společnosti řadu nezbytných zdrojů a ekosystémových služeb (Costanza et al. 1997, De Groot et al. 2010). V neposlední řadě je biodiverzita hodnotou samou o sobě a je tudíž záležitostí společenské kultury přírodní rozmanitost chránit jakožto kulturní dědictví.

S rozvojem lidské společnosti však dochází ke změnám prostředí a tím i vymírání organismů, tj. ochuzování biodiverzity (Wilson 1989, Rands et al. 2010). Takto pozměněné ekosystémy následně často vyžadují značné vklady zdrojů (financí) tak, aby byly zachovány jejich požadované funkce (Balmford et al. 2002, Rands et al. 2010). Negativní důsledky antropogenních činností proto vyústily v nutnost monitorovat změny prostředí a biodiverzity (Kremen et al. 1994, TEEB 2010). Jedním z nástrojů pro sledování environmentálních změn je bioindikace za pomoci bezobratlých (McGeoch 1998, Gerlach et al. 2013), přičemž brouci (Coleoptera) představují vhodnou a často používanou bioindikační skupinu (Vessby et al. 2002, Rainio et Niemelä 2003). Významnou předností brouků při sledování změn prostředí je rychlá odezva taxonu ve funkčních změnách biodiverzity, kdy například na úrovni vegetace jsou tytéž jevy detekovatelné se zpožděním (Samways 2005).

Vyšší míru biodiverzity a endemismu vykazují brouci v horských ekosystémech, které patří z pohledu distribuce a vývoje biodiverzity mezi stěžejní centra biodiverzity na zemi (Nagy et Grabherr 2009). Fragmentovaný charakter hor s ploškami alpínského bezlesí izolovanými lesem umožnil dlouhotrvající izolaci a evoluci jedinečných společenstev s řadou endemických taxonů (Chapin et Körner 1994). Horská bezlesí střední Evropy jsou příkladem takových území s překvapivě vysokou biodiverzitou (viz Alpy a Karpaty). Hercynská soustava s pohořím Vysokých Sudet (Hrubý Jeseník, Králický Sněžník a Krkonoše) nemá aktuálně v takové míře vyvinutá alpínská bezlesí, přesto se zde dochovala jedinečná horská a severská fauna a flora se zastoupením endemických taxonů. V případě fauny hmyzu unikátní statut pohoří Hrubého Jeseníku dokumentují např. Starý (1973), Holuša (1997), Stanovský et Pulpán (2006), Kuras et al. (2009), (**Příspěvek I, II**). Nezaměnitelná biota Hrubého Jeseníku je dána: a) pozicí pohoří v rámci Evropy, kdy Vysoké Sudety lze chápat jako křížovatku horských (alpských a karpatských) a severských druhů, které opakovaně pohoří kolonizovaly v průběhu střídaní glaciálů a interglaciálů; b) postglaciální izolací alpínských bezlesí (vznikem endemických taxonů); c) specifickou geologicko-geomorfologickou stavbou (anemo-orografickými systémy karů) a konečně d) dlouhodobou absencí borovice kleče (*Pinus mugo*) v alpínské zóně, která je spojována s vysokou biodiverzitou tohoto pohoří na příkladu motýlů (Bílá et al. 2013).

Stejně jako v jiných horských regionech v Evropě je biodiverzita Hrubého Jeseníku ohrožována zejména globálními změnami klimatu (Grabherr et al. 1994), rozvojem turistických aktivit (Ries 1996, Roux-Fouillet et al. 2011), invazí nepůvodních druhů (Anthelme et al. 2001) a intenzifikací zemědělského (Benton et al. 2003, Stoate et al. 2009) a lesního hospodaření (Müller et al. 2008, Nieto et al. 2010, **Příspěvek III**). Mezi biologicky nejcenější oblasti s vysokým zastoupením ohrožených druhů v Hrubém Jeseníku náleží

primární bezlesí alpské zóny (Kuras et al. 2009, **Příspěvek II**) a sekundární bezlesí podhorských luk a pastvin (Kašák et al. 2011, Bureš 2013).

Ochuzení biodiverzity otevřených stanovišť je celoevropským trendem a zjevně souvisí jak s tzv. odchodem člověka z krajiny, v souvislosti s rozvojem průmyslu, tak i s narůstající intenzifikací a homogenizací hospodářství dosud obhospodařovaných ploch (Beneš et al. 2002, Skaloš 2006, Stoate et al. 2009). Ohrožení bioty alpské zóny Hrubého Jeseníku vyplývá zejména z jejího plošně značně limitovaného rozsahu (Tremel et Banaš 2008), výrazné fragmentace a vzájemné izolace alpských ostrovů (Bílá et al. 2013). Rozsah aktuálního ohrožení biodiverzity alpské zóny Hrubého Jeseníku dále umocňují antropické vlivy, mezi které patří rozvoj turistického ruchu (lyžařských areálů) a recentně především šíření nepůvodní borovice kleče (Banaš et al. 2010, Zeidler et al. 2012). Podhorské louky a pastviny tvoří druhý typ ohroženého bezlesí v zájmovém pohoří. Biodiverzita těchto sekundárních otevřených stanovišť je postižena jak změnou a intenzifikací zemědělství, tak i ukončením hospodaření. Právě proto je dnes ochrana přírody v regionu soustředěna na ochranu bezlesí – primárních (alpských) i sekundárních (podhorské louky a pastviny) (CHKOJ 2012). V rámci předložené disertační práce byl studován vliv vybraných, potenciálně významných antropogenních aktivit v bezlesích Hrubého Jeseníku pomocí modelové a indikačně významné skupiny brouků.

2. CÍLE PRÁCE

Z výše uvedeného rozboru vyplývá zásadní význam bezlesí pro uchování biodiverzity Hrubého Jeseníku. Provedené studie v území naznačují úbytek biodiverzity, a proto byly stanoveny následující tematické okruhy, které se snaží řešit předložená disertační práce:

- a) Primární arкто-alpské bezlesí Hrubého Jeseníku představuje biologicky jedinečné a mimořádně cenné území, které je však v současnosti ohrožováno sjezdovým areálem a invazí nepůvodní borovice kleče. První cíl disertační práce proto představuje: **Určení potenciálně významných antropických vlivů na biodiverzitu brouků primárního bezlesí Hrubého Jeseníku.**
- b) Sekundární bezlesí Hrubého Jeseníku také představuje jedno z míst s bohatou a ohroženou biodiverzitou. Podhorské louky a pastviny jsou pod vlivem zemědělského hospodaření. Druhý tematický okruh je proto zaměřen na: **Určení potenciálně významných antropických vlivů na biodiverzitu brouků sekundárního bezlesí Hrubého Jeseníku.**
- c) Třetí cíl vychází ze závěrů dílčích studií disertace a představuje: **Návrh opatření pro ochranu biodiverzity bezlesí Hrubého Jeseníku.**

3. METODIKA

Vybrané potenciálně významné antropické vlivy na biodiverzitu bezlesí Hrubého Jeseníku byly studovány pomocí modelové bioindikačně významné skupiny brouků. V rámci primárního bezlesí byl studován vliv lyžařského areálu (sjezdové trati) a invazivní rostliny (borovice kleč) na epigeické brouky pomocí padacích zemních pastí (Spence et Niemelä

1994). Na území sekundárních bezlesí horských luk a pastvin byl hodnocen vliv různých typů hospodaření trvalých travních porostů na brouky pomocí Moerickeho misek (Moericke 1951). Výzkum byl založen na vlastním terénním sběru dat a dále byl doplněn o rešerši literárních zdrojů.

V rámci nasbíraného materiálu bylo pracováno v dílčích studiích s vybranými indikačními skupinami brouků, které byly vymezeny ekologicky a taxonomicky (v detailu **příspěvky IV, V, VI**). Materiál byl určen do druhů, kterým byly následně přiřazeny jejich charakteristiky (schopnost disperze, biotopové a trofické vazby, ekologická valence atd.), díky čemuž bylo možné hodnotit studované antropické vlivy v bezlesích Hrubého Jeseníku na brouky na úrovni: a) společenstev, b) ekologických gild, c) druhů a d) funkční diverzity (funkční bohatost, rozrůzněnost a vyrovnanost) dle pojetí Masona et al. (2005).

Charakteristika studovaných lokalit

Výzkum probíhal v primárních a sekundárních bezlesích Hrubém Jeseníku. Primární bezlesí Hrubého Jeseníku se nachází mezi 1350 až 1492 m n. m. (nejvyšší vrchol pohoří, Praděd), zaujímá rozlohu 11 km² a je rozděleno na 7 izolovaných ostrovů arкто-alpinní tundry (Treml et Banaš 2008, Bílá et al. 2013). Působí zde dva plošně významné antropické vlivy tj. rozvoj zimních rekreačních sportů v čele se sjezdovým lyžováním a expanze nepůvodní borovice kleče (Banaš et al. 2010, Zeidler et al. 2012).

Lyžařský areál Ovčárna byl založen okolo roku 1950 (Schmidtová et al. 2009) a tvoří jej 7 sjezdových tratí, které jsou z důvodu ochrany přírody provozovány pouze za stavu, kdy je minimální vrstva sněhu 80 cm a tak nedochází k přímému narušování vegetačního krytu (Banaš et al. 2010). Vliv sjezdových tratí byl studován na svahu pod Petrovými kameny (1446 m n.m.).

Druhý plošně významný antropogenní vliv představuje šíření porostů borovice kleče, která je v Hrubém Jeseníku nepůvodní (Rybniček et Rybničková 2004, Hamerník et Musil 2007). Přesto byla ve vrcholových partiích pohoří od roku 1860 vysazována (Jeník et Hampel 1992). V současnosti nepůvodní klečové porosty zaujímají 2 km² z rozlohy bezlesí a šíří se rychlostí 2 % ročně (Treml et Banaš 2008, Treml et al. 2010). Vliv borovice kleče na společenstva epigeických brouků byl studován na třech lokalitách – Keprník (1423 m n.m.), kar Malého kotle (okolo 1300 m n.m.) a Petrovy kameny.

Sekundární bezlesí zaujímá v Hrubém Jeseníku okolo 90 km². Většina podhorských a horských trvalých travních porostů je obhospodařována na bázi ekologického zemědělství (CHKOJ 2012). Antropické vlivy v druhotném bezlesí byly studovány v okolí Nových Losin (700-800 m n.m.). Studijní lokalitu tvoří 180 ha pastvin a luk s různým režimem pastvy a seče, které jsou oddělené lesíky, mezemi a pruhy stromů a nesečené vegetace. Celý komplex bezlesí je provozován v režimu agro-environmentálních dotací, stejně jako většina zemědělského hospodaření v oblasti (CHKOJ 2012).

4. SHRNU TÍ VÝSLEDKŮ A DISKUSE

Dosažené výsledky lze rozdělit dle tematických okruhů na: antropické vlivy na biodiverzitu brouků a) primárních a b) sekundárních bezlesí a c) ochranu biodiverzity obou typů bezlesí ve vztahu k studovaným antropickým faktorům.

4.1. Antropické vlivy na biodiverzitu brouků primárního bezlesí Hrubého Jeseníku

Sjezdové lyžování a invaze nepůvodních rostlin patří mezi rizikové vlivy pro horské ekosystémy (Nagy et Grabherr 2009). Níže uvedené statě se proto věnují uvedeným antropickým vlivům na funkční diverzitu a společenstva brouků arкто-alpinní tundry Hrubého Jeseníku.

Vliv sjezdových tratí na biodiverzitu brouků

Přestože management provozu sjezdových tratí je poměrně šetrný k prostředí (Banaš et al. 2010), byly zjištěny průkazné změny ve složení společenstev epigeických brouků. Brouci byli přitom nejvíce ovlivněni v místech s déle setrvávající sněhovou pokrývkou. Zde dochází k průkaznému poklesu abundancí většiny druhů (**Příspěvek IV**). Sjezdovky preferují mobilnější široce rozšířené druhy střevlíků (*Amara lunicollis* a *Poecilus versicolor*) a herbivorů vázaných na nitrofilní vegetaci (*Gastrophysa viridula*). Obecně sjezdové tratě podporují výskyt druhů otevřených stanovišť a generalisty (Strong et al. 2002, Negro et al. 2010, **Příspěvek IV**). Uvedené výsledky jsou v souladu se zjištěnými změnami funkční diverzity. Společenstva epigeických brouků dosahují vyšších hodnot funkční bohatosti právě na sjezdovkách, protože tratě jsou obohaceny eurytopními druhy, ale zároveň zde dosud zůstávají i zástupci původní arкто-alpinní tundry, byť v nižších abundancích. Naopak vyšší funkční rozrůzněnost v prostředí původních biotopů vypovídá o větší diferenciaci nik vedoucí k nižší kompetici o zdroje mezi silně specializovanými druhy arкто-alpinní tundry (**Příspěvek IV**, cf. Negro et al. 2009, 2010).

Zjištěné změny společenstev epigeických brouků lze vysvětlit jako důsledek zhutnění sněhu a změny jeho teplotní vodivosti (Ries 1996). Sněhová pokrývka zůstává na sjezdovkách déle oproti okolí. Sníh je zhutněný pojezdy lyžařů a rolby, čímž ztrácí své izolační vlastnosti (Rixen et al. 2004). Snížená izolační schopnost vede k intenzivnějšímu povrchovému promrzání půdy a delší setrvání sněhu zkracuje vegetační sezónu (Ries 1996, Banaš et al. 2010). Ztráta izolačních vlastností sněhové pokrývky a zkrácení vegetační sezóny v místě sjezdových tratí jsou velmi významné vlivy prostředí, jež formují epigeickou faunu bezobratlých alpínské zóny (Kessler et al. 2012).

Vliv borovice kleče na biodiverzitu brouků

Druhý, regionálně velmi významný biotický faktor ohrožující biodiverzitu arкто-alpínských bezlesí Hrubého Jeseníku je šíření nepůvodních výsadeb borovice kleče. Kleč byla v alpínské zóně pohoří vysazována od poloviny 19. století (Jeník et Hampel 1992). Aktuálně se v prostředí horských holí spontánně intenzivně šíří (Tremel et al. 2010) a zásadním způsobem mění strukturu původních společenstev střevlíkovitých (**Příspěvek V**) podobně jako invazivní rostliny v jiných regionech (Topp et al. 2008, Schirmel et al. 2011, Brigić et al. 2014). V případě většiny druhů byl zaznamenán průkazný pokles abundancí střevlíků s rostoucím věkem a mírou zápoje klečového porostu. Naopak s rostoucí vzdáleností od borovice kleče docházelo k nárůstu jejich početností. Na plochách porostlých klečí byl úbytek nejvíce patrný v případě druhů otevřených stanovišť (*Amara* spp.), indikujících původní tundru (*Amara erratica* a *Carabus sylvestris*), potravně specializovaných karnivorů (*Cychrus*

caraboides) a herbivorních střevlíků obecně (*Amara* spp.). Naopak afinitu ke klečovým porostům vykazují lesní druhy a biotopoví generalisté (**Příspěvek V**).

V porostech kleče dochází k poklesům parametrů funkční diverzity střevlíkovitých. Konkrétně s rostoucím stářím kleče klesá funkční bohatost potravních vazeb a současně se s vyšším zápojem kleče snižuje potravní funkční rozrůzněnost společenstev. Tato zjištění podporují i výsledky analýz ekologických gild, kdy v kleči převažují potravně nesespecializované druhy a je zde zastoupeno užší spektrum potravních strategií, díky úbytku herbivorních a specializovaných karnivorních střevlíkovitých (**Příspěvek V**). Uvedené výsledky korespondují se závěry ostatních autorů, zabývajících se odezvou živočichů navazujících úrovní potravního řetězce na invazi nepůvodní rostliny. Na plochách postižených invazivními rostlinami tak převažují euryekní druhy (Brigić et al. 2014) a abundance a druhové zastoupení určitých ekologických skupin klesají (Topp et al. 2008, Schirmel et al. 2011).

S rostoucím zápojem a věkem kleče se mění i indexy funkční diverzity vztažené ke stanovištní vazbě druhů. Funkčně nejbohatší jsou společenstva střevlíkovitých na plochách se středním zápojem kleče a při jejím okraji (**Příspěvek V**), tj. v tundrových plochách nově invadovaných nebo s nízkou pokryvností invazivní rostliny (Brigić et al. 2014). Tento stav je ale časově proměnlivý, přesněji řečeno dočasný, než dojde k úplnému zarostení původního biotopu kleči a následně tedy k uniformizaci prostředí, což se odráží i na poklesech hodnot indexů funkční diverzity při maximálním zápoji kleče, jak uvádí **Příspěvek V**.

Ochuzování společenstev střevlíkovitých v porostech kleče lze vysvětlit celkovou změnou prostředí, tj. zejména změnou mikroklimatických podmínek a snížením potravní nabídky, stejně jak uvádí jiní autoři v tematicky podobně zaměřených studiích (cf. de Groot et al. 2007, Finch et Szumelda 2007, Topp et al. 2008, Schirmel et al. 2011).

4.2. Antropické vlivy na biodiverzitu brouků sekundárního bezlesí Hrubého Jeseníku

Zemědělské hospodaření na podhorských loukách a pastvinách ovlivňuje bezobratlé (Rundlof et al. 2008, Čížek et al. 2012, **Příspěvek VI**), přičemž vliv jednotlivých typů managementu na společenstva brouků je různý (Batáry et al. 2007, **Příspěvek VI**). V rámci předložené studie z Hrubého Jeseníku byl zjištěn významný okamžitý vliv seče na společenstva brouků, nicméně odpověď taxonu není jednotná a reakce se mezi jednotlivými ekologickými skupinami i druhy liší.

Celkové početnosti brouků okamžitě po seči překvapivě rostou (**Příspěvek VI**). Tento jev může být dán vyšší mobilitou taxonu (většina zástupců létá) a intenzivnějším pohybem jedinců při hledání ztracených potravních zdrojů na posečené ploše, což může zvyšovat pravděpodobnost jejich odchyty (Hossain et al. 2002). Lze konstatovat, že seč podporuje druhy otevřených stanovišť. Nejvyšší druhové bohatosti dosahují luční druhy brouků se zpožděním po seči v době, kdy je na ploše již přítomna vyšší vegetace (**Příspěvek VI**). Bezprostřední pokles početností brouků po provedené seči je patrný ve skupině herbivorů. Snížení početnosti souvisí patrně se změnou potravní nabídky a změnou prostředí, které herbivoři osídlují (tj. vzrostlá vegetace) (Čížek et al. 2012). Zvýšené početnosti po provedené seči vykazovali někteří nektarofágové (např. *Anthaxia quadripunctata*). To může být dáno zvýšenou atraktivitou žlutých misek na posečených loukách a současně sníženou potravní

nabídkou pro nektarofágní hmyz (Wilson et al. 2008). Okamžitý vliv pastvy na abundance a druhovou diverzitu brouků nebyl prokázán, jistý vliv byl sledán pouze v případě koprofágních druhů, např. *Aphodius depressus* (**Příspěvek VI**). Koprofágové nacházejí na pastvinách dostatečné množství potravy (trusu dobytka) pro vývoj larev, tudíž jsou pastviny pro tuto gildu brouků atraktivní a brouci zde zvyšují své početnosti (Hanski et Cambefort 1991).

Testování dlouhodobého vlivu hospodářského managementu ukázalo, že druhově nejbohatší společenstva podporuje seč, následovaná plochami, kde se kombinuje pastva a seč. Nejméně druhově bohaté byly plochy bez hospodaření a se samostatnou pastvou (**Příspěvek VI**). Nevýrazný okamžitý i dlouhodobý vliv pastvy na společenstva brouků byl pravděpodobně důsledkem nízké intenzity pasení (malým počtem dobytka na plochu). Na studované lokalitě byly cíleně aplikovány přírodně šetrnější postupy s nižším počtem dobytčích jednotek na plochu, než je v obdobných studiích obvyklé (srov. Kruess et Tscharrntke 2002).

Dlouhodobý pozitivní vliv časově a prostorově různě aplikované seče (případně v kombinaci s pastvou) na společenstva bezobratlých je dán především potlačením konkurenčně zdatnějších travin (Konvička et al. 2008, Gibson 2009). Snížení vlivu konkurenčních dominant (travin) následně umožňuje obstat i jiným druhům bylin a tak může v pastvinách docházet k rozvoji více diverzifikovaných fytoocenóz (Haysom et Coulson 1998, Espirito-Santo et al. 2007), což se následně odráží v pestřejších společenstvech bezobratlých (Knop et al. 2006, **Příspěvek VI**).

Součástí tradiční zemědělské krajiny jsou také tzv. doprovodné interakční prvky charakteru mezí, remízků a kamenic, které rozčleňují větší půdní bloky. Pruhy s nesečenou vegetací a stromy prokazatelně ovlivňují luční společenstva bezobratlých v zemědělsky obhospodařované krajině (Humbert et al. 2012, **Příspěvek VI**). To znamená, že většina druhů bezobratlých s rostoucí vzdáleností od pruhů nesečené vegetace ubývá (Rada et al. 2014 **Příspěvek VI**). Stejně tak početnosti brouků s vazbou na lesní prostředí a vyšší bylinnou vegetací (*Anthaxia* spp., *Oxythyrea funesta*, *Rhagonycha* spp.) se snižují směrem do otevřené plochy (Marini et al. 2009, **Příspěvek VI**). Pruhy stromů a nesečené vegetace jsou tedy významné pro druhy luk a pastvin protože slouží jako refugium poskytující stanoviště a zdroje potravy v době, kdy na okolních plochách probíhá seč (Balmer et Erhardt 2000, Humbert et al. 2012, Kulfan et al. 2012, **Příspěvek VI**).

4.3. Návrh opatření pro ochranu biodiverzity bezlesí Hrubého Jeseníku

Na základě výsledků předložených studií a literární rešerše je možné vyvodit závěry pro ochranu biodiverzity bezlesí v Hrubém Jeseníku s ohledem na studované antropické vlivy.

Primární bezlesí arкто-alpinní tundry

Přestože jsou sjezdové tratě v alpínské zóně zájmového území provozovány šetrným způsobem, provedené analýzy dokládají, že se původní společenstva epigeických brouků mění. V místech sjezdových tratí dochází k poklesům početností i změnám parametrů funkční diverzity brouků. Sjezdové tratě se vyznačují nižší funkční rozrůzněností společenstev brouků, což je způsobeno úbytkem specializovaných druhů původní arкто-alpinní tundry.

Lyžařské areály proto přináší riziko pro biodiverzitu alpínské zóny Hrubého Jeseníku a jejich rozšiřování je tedy nežádoucí z pohledu zachování unikátní bioty území.

Invazivní borovice kleč také mění společenstva střevlíkovitých brouků a to tak, že s rostoucím zápojem a věkem porostů dochází k ochuzování původních společenstev. Tento jev je patrný na poklesu početností většiny druhů, zejména pak těch vázaných na bezlesí a potravně specializovaných. Změny ve složení společenstev se odrážejí i na parametrech funkční diverzity. Ve starých a zapojených porostech kleče se snižuje funkční bohatosti i rozrůzněnost potravních vazeb střevlíkovitých. Obdobně se mění i indexy funkční diverzity biotopových vazeb střevlíkovitých, kdy na plochách porostlých klečí dochází k poklesu indexů funkční bohatosti. Šířící se porosty borovice kleče představují tedy reálné riziko pro společenstva původní arкто-alpinní tundry Hrubého Jeseníku. Pro ochranu biodiverzity alpínské bezlesí v regionu je proto potřeba porosty borovice kleče omezit v šíření a redukovat jejich rozlohu.

Sekundární bezlesí podhorských a horských luk a pastviny

Studie zaměřená na vliv různých způsobů hospodaření (seč a pastva) a interakčních prvků v zemědělské krajině potvrdila, že seč průkazným způsobem formuje společenstva vybraných skupin bezobratlých včetně brouků. Seč v dlouhodobém časovém intervalu podporuje druhovou diverzitu. S ohledem na okamžitý negativní dopad seče na většinu bezobratlých a dobu výskytu méně mobilních, a tak i citlivějších larválních stádií lučních zástupců v první polovině vegetační sezóny, je proto vhodné seč provádět až v pozdější části léta (od druhé poloviny července). Dopad na dospělé je pak možné zmírnit rozdělením seče na více fází, přičemž během roku je vhodné realizovat pouze jednu seč na dané ploše.

Mezi další prvky zemědělského hospodaření, které pozitivně ovlivňují luční brouky, patří pruhy stromů a nesečené vegetace, které poskytují útočiště pro bezobratlé v době, kdy v okolí probíhá seč. Zároveň tyto interakční prvky navyšují celkově heterogenitu krajiny. Z hlediska podpory biodiverzity sekundárních bezlesí Hrubého Jeseníku je proto žádoucí, aby byly v zemědělsky udržované krajině plošně zavedeny uvedené formy ekologicky šetrného managementu, tj. zpožděné, časově a prostorově diferencované seče a tvorba a údržba pruhů stromů a nesečené vegetace.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- Anthelme F., Grossi J.L., Brun J.J. et Didier L. 2001: Consequences of green alder expansion on vegetation change and arthropod communities removal in the northern French Alps. *Forest Ecol Manag* 145:57–65.
- Balmer O. et Erhardt A. 2000: Consequences of succession on extensively grazed grasslands for Central European butterfly communities: rethinking conservation practises. *Conserv Biol* 14:746–757.
- Balmford A., Bruner A., Cooper P., Costanza R., Farber S., Green R.E., Jenkins M., Jefferiss P., Jessamy V., Madden J., Munro K., Myers N., Naeem S., Paavola J., Rayment M., Rosendo S., Roughgarden J., Trumper K., Turner K. 2002: Economic reasons for conservation wild nature. *Science* 297:950–953.
- Banaš M., Zeidler M., Duchoslav M., Hošek J. 2010: Growth of Alpine lady-fern (*Athyrium distentifolium*) and plant species composition on a ski piste in the Hrubý Jeseník Mts., Czech Republic. *Ann Bot Fenn* 47:280–292.
- Batáry P., Baldi A., Szél G., Podlussány A., Rozner I. et Erdős S. 2007: Responses of grassland specialist and generalist beetles to management and landscape complexity. *Diversity and Distribution* 13:196–202.
- Baur B., Cremene C., Groza G., Rakosy L., Schileyko A., Baur A., Stoll P. et Erhardt A. 2006: Effects of abandonment of subalpine hay meadows on plant and invertebrate diversity in Transylvania, Romania. *Biol Conserv* 132:261–273.
- Beneš J., Konvička M., Dvořák J., Fric Z., Havel Z., Pavlíčko A., Vrabec V. et Weidenhoffer M. (eds.) 2002: Motýli České republiky: Rozšíření a ochrana I,II / Butterflies of the Czech republic: Distribution and conservation I, II. SOM.
- Benton T.G., Vickery J.A. et Wilson J.D. 2003: Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? *Trends Ecol Evol* 18:182–188.
- Bílá K., Kuras T., Šipoš J. et Kindlmann P. 2013: Lepidopteran species richness of alpine sites in High Sudetes Mts.: effect of area and isolation. *J Insect Conserv* 17:257–267.
- Brigić A., Vujčić-Karlo S., Kepčija R.M., Stančić Z., Alegro A., et Ternej I. 2014: Taxon specific response of carabids (Coleoptera, Carabidae) and other soil invertebrates taxa on invasive plant *Amorpha fruticosa* in wetlands. *Biol Invasions* 16:1497–1514.
- Bureš L. 2013: Chráněné a ohrožené rostliny Chráněné krajinné oblasti Jeseníky. Rubicco, Olomouc.
- Chapin F.S. III. et Körner Ch. 1994: Arctic and alpine biodiversity: Patterns, causes and ecosystem consequences. *Trends Ecol Evol* 9:45–47.
- CHKOJ 2012: Plán péče pro Chráněnou krajinnou oblast Jeseníky. Agentura ochrany přírody a krajiny České republiky, Praha.
- Čížek O., Zámečník J., Tropek R., Kočárek P. et Konvička M. 2012: Diversification of mowing regime increases arthropods diversity in species-poor cultural hay meadows. *J Insect Conserv* 16:215–226.
- Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farber S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., et van den Belt M. 1997: The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387:253–260.
- Espírito-Santo M.M., de S. Neves F., Andrade-Neto F.R. et Fernandes G.W. 2007: Plant architecture and meristem dynamics as the mechanisms determining the diversity of gall-inducing insects. *Oecologia* 153:353–364.

- Finch O.D. et Szumelda A. 2007: Introduction of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) into Western Europe: Epigaeic arthropods in intermediate-aged pure stands in northwestern Germany. *Forest Ecol Manag* 242:260–272.
- Gaston K.J. 2000: Global pattern in biodiversity. *Nature* 405:220–227.
- Gerlach J., Samways M. et Pryke J. 2013: Terrestrial invertebrates as bioindicators: an overview of available taxonomic groups. *J Insect Conserv* 17:831–850.
- Gibson D.J. 2009: Grasses and grassland ecology. Oxford University Press, Oxford.
- Grabherr G., Gottfried M. et Pauli H. 1994: Climate effects on mountain plants. *Nature* 369:448.
- Grabherr G., Nagy L. et Thompson D.B.A. 2003: An outline of Europe's alpine areas. In: Nagy L., Grabherr G., Körner Ch., Thompson D.B.A. (eds) *Alpine biodiversity in Europe*. Ecological Studies, Springer-Verlag, Berlin Heidelberg New York.
- de Groot M., Kleijn D. et Jogan N. 2007: Species groups occupying different trophic levels respond differently to the invasion of semi-natural vegetation by *Solidago canadensis*. *Biol Conserv* 136:612–617.
- de Groot R.S., Alkemade R., Braat L., Hein L. et Willemen L. 2010: Challenges in integrating the concept of ecosystem services and values in landscape planning, management and decision making. *Ecol Complex* 6:453–462.
- Hamerník J. et Musil I. 2007: The *Pinus mugo* complex – its structuring and general overview of the used nomenclature. *J Forest Sci* 53:253–266.
- Hanski I. et Cambefort Y. (eds) 1991: *Dung beetle ecology*. Princeton University Press, Princeton.
- Haysom K.A. et Coulson J.C. 1998: The Lepidoptera fauna associated with *Calluna vulgaris*: effects of plant architecture on abundance and diversity. *Ecol Entomol* 23:377–385.
- Holuša O. 1997: Nové znalosti o rozšíření vážek rodu *Somatochlora* na území bývalého Československa (Odonata: Corduliidae). *Klapalekiana* 33:23–28.
- Hossain Z., Gurr G.M., Wratten S.D. et Raman A. 2002: Habitat manipulation in lucerne *Medicago sativa*: arthropod population dynamics in harvested and 'refuge' crop strips. *J Appl Ecol* 39:445–454.
- Humbert J.-Y., Ghazoul J., Richner N. et Walter T. 2012: Uncut grass refuges mitigate the impact of mechanical meadow harvesting on orthopterans. *Biol Conserv* 152:96–101.
- Jeník J. et Hampel R. 1992: *Die waldfreien Kammlagen des Altvatergebirges (Geschichte und Ökologie)*. MSSGV, Stuttgart.
- Kašák J., Mazalová M., Holec V. et Kuras T. 2011: Jak se žije motýlům v CHKO Jeseníky aneb seznam padlých a přeživších. In Bryja J., Řehák Z. et Zukal J. (eds.) *Zoologické dny Brno 2011*. Sborník abstraktů z konference 17.-18. února 2011. 101.
- Kessler T., Cierjacks A., Ernst R. et Dziöck F. 2012: Direct and indirect effects of ski run management on alpine Orthoptera. *Biodivers Conserv* 21:281–296
- Knop E., Kleijn D., Herzog F. et Schmid B. 2006: Effectiveness of the Swiss agri-environment scheme in promoting biodiversity. *J Appl Ecol* 43:120–127.
- Konvička M., Beneš J., Čížek O., Kopeček F., Konvička O. et Vítaz L. 2008: How too much care kills species: Grassland reserves, agri-environmental schemes and extinction of *Colias myrmidone* (Lepidoptera: Pieridae) from its former stronghold. *J Insect Conserv* 12:519–525.
- Kremen C., Merelender A.M. et Murphy D.D. 1994: Ecological monitoring: A vital need for integrated conservation and development programs in the tropics. *Conserv Biol* 8:388–397.
- Kruess A. et Tschardtke T. 2002: Grazing intensity and the diversity of grasshoppers, butterflies and trap-nesting bees and wasps. *Conserv Biol* 16:1570–1580.

- Kulfan J., Štrbová E. et Zach P. 2012: Effect of vegetation and management on occurrence of larvae and adults of generalist *Maniola jurtina* L. (Lepidoptera) in meadow habitats. *Pol J Ecol* 60:601–609.
- Kuras T., Sitek J., Liška J., Mazalová M. et Černá K. 2009: Motýli (Lepidoptera) národní přírodní rezervace Praděd (CHKO Jeseníky): implikace poznatků v ochraně území. *Čas Slez Muz Opava (A)* 58:250–288.
- Marini L., Fontana P., Battisti A. et Gaston K.J. 2009: Agricultural management, vegetation traits and landscape drive orthopteran and butterfly diversity in a grassland–forest mosaic: a multi-scale approach. *Insect Conserv Diver* 2:213–220.
- Mason N.W.H., Mouillot D., Lee W.G. et Wilson J.B. 2005: Functional richness, functional evenness and functional divergence: the primary components of functional diversity. *Oikos* 111:112–118.
- Maclaurin J. et Sterelny K. 2008: What is biodiversity? The University of Chicago Press, Chicago and London.
- McGeoch A.M. 1998: The selection, testing and application of terrestrial insects as bioindicators. *Biol Rev* 73:181–201.
- Moericke V. 1951: Eine Farbfalle zur Kontrolle des Fluges von Blattläusen, insbesondere der Pflanzschädler *M. ersicae* (Sulz). *Nachrbl Dtsch Pflzschutzd* 3:23–24.
- Müller J., Bussler H. et Kneib T. 2008: Saproxyllic beetle assemblages related to silvicultural management intensity and stand structures in a beech forest in Southern Germany. *Eur J Insect Conserv* 12:107–124.
- Nagy L. et Grabherr G. 2009: The biology of alpine habitats. Oxford University Press, Oxford.
- Negro M., Isaia M., Palestini C. et Rolando A. 2009: The impact of forest ski-pistes on diversity of ground-dwelling arthropods and small mammals in the Alps. *Biodivers Conserv* 18:2799–2821.
- Negro M., Isaia M., Palestini C., Schoenhofer A et Rolando A. 2010: The impact of high-altitude ski pistes on ground-dwelling arthropods in the Alps. *Biodivers Conserv* 19:1853–1870.
- Nieto A et Alexander K. 2010: European red list of saproxyllic beetles. Publication Office of the EU, Luxembourg.
- Rada S., Mazalová M., Šipoš J. et Kuras T. 2014: Impact of mowing, grazing and edge effect on orthoptera on submontane grasslands: perspectives for biodiversity protection. *Pol J Ecol* 62:123–138.
- Rainio J. et Niemelä J. 2003: Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodivers Conserv* 12:487–506.
- Rands M.R.W., Adams M.W., Bennun L., Butchart S.H.M., Clements A., Coomes D., Entwistle A., Hodge I., Kapos V., Scharlemann J.P.W., Sutherland W.J. et Bhasakr V. 2010: Biodiversity conservation: challenges beyond 2010. *Science* 329:1298–1303.
- Ries J.B. 1996: Landscape damage by skiing at the Schauinsland in the Black Forest, Germany. *Mt Res Dev* 16:27–40.
- Rixen C., Haerberli W. et Stoeckli V. 2004: Ground temperature under ski pistes with artificial and natural snow. *Arct Antarct Alp Res* 36:419–427.
- Roux-Fouillet P., Wipf S. et Rixen C. 2011: Long-term impacts of ski piste management on alpine vegetation and soils. *J Appl Ecol* 48:906–915.
- Rundlof M., Bengtsson J. et Smith H.G. 2008: Local and landscape effects of organic farming on butterfly species richness and abundance. *J Appl Ecol* 45:813–820.
- Rybníček K. et Rybníčková E. 2004: Pollen analyses of sediments from the summit of the Praděd range in the Hrubý Jeseník Mts (Eastern Sudetes). *Preslia* 76:331–347.
- Samways M.J. 2005: Insect Diversity Conservation. Cambridge University Press. New York.

- Schirmel J., Timler L. et Buchholz S. 2011: Impact of the invasive moss *Campylopus introflexus* on carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) and spiders (Araneae) in acidic coastal dunes at the southern Baltic Sea. *Biol Invasions* 13:605–620.
- Schmidtová T., Hajný L., Halfar J. et Chlápek J. 2009: Chráněná krajinná oblast Jeseníky. *Ochrana přírody* 64:2–6.
- Skaloš J. 2006: Patterns and changes of intensively utilised agricultural landscape in the Czech Republic between 1937 and 2002, aerial photography analysis. *Ekologia* 21: 232–248.
- Spence J.R. et Niemelä J. 1994: Sampling carabid assemblages with pitfall traps: the madness and the method. *Can Entomol* 126:881–894.
- Stanovský J. et Pulpán J. 2006: Střevlíkovití brouci Slezska (severovýchodní Moravy). Muzeum Beskyd, Frýdek-Místek.
- Starý J. 1973: Boreoalpinní a alpský prvek ve fauně podčeledi Limoniinae (Tipulidae, Diptera) Jeseníků. *Zprávy Vlastivědného ústavu v Olomouci* 163:21–32.
- Stoate C., Báldi A., Beja P., Boatman N.D., Herzon I., van Doorn A., de Snoo G.R., Rakosy L. et Ramwell C. 2009: Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe – A review. *J Environ Manage* 91:22–46.
- Strong A.M., Dickert C.A. et Bell R.T. 2002: Ski trail effects on beetle (Coleoptera: Carabidae, Elateridae) community in Vermont. *J Insect Conserv* 6:149–159.
- TEEB 2010: The economic of ecosystem and biodiversity for national an international policy makers Summary: Responding to the Value of Nature 2009. Welzel+Hadt, Wesseling.
- Topp W., Kappes H. et Rogers F. 2008: Response of ground-dwelling beetle (Coleoptera) assemblages to giant knotweed (*Reynoutria* spp.) invasion. *Biol Invasions* 10:381–390.
- Treml V. et Banaš M. 2008: The effect of exposure on alpine treeline position: a case study from High Sudetes, Czech Republic. *Arct Antarct Alp Res* 40:751–760.
- Treml V., Wild J., Chuman T. et Potůčková M. 2010: Assessing the change in cover of non-indigenous dwarf-pine using aerial photographs, a case study from the Hrubý Jeseník Mts., the Sudetes. *J Landscape Ecol* 4:90–104.
- Vessby K., Söderström K., Glimskär A. et Svensson B. 2002: Species-richness correlations of six different taxa in Swedish seminatural grasslands. *Conserv Biol* 16:330–439.
- Wilson E.O. (ed) 1988: *Biodiversity*. Natinal Academy press, Washington.
- Wilson E.O. 1989: Threats to Biodiversity. *Sci Ame* 261:108–117.
- Wilson J.S., Griswold T. et Messinger O.J. 2008: Sampling bee communities (Hymenoptera: Apiformes) in a desert landscape: Are pan traps sufficient? *J Kansas Entomol Soc* 81: 288–300.
- Zeidler M, Duchoslav M, Banaš M. et Lešková M. 2012: Impacts of introduced dwarf pine (*Pinus mugo*) on the diversity and composition of alpine vegetation. *Community Ecol* 13:213–220.

Curriculum vitae – Josef Kašák

Datum a místo narození: 21. listopadu 1984, Rýmařov, Česká republika

Vzdělání a odborná příprava

od 2009: prezenční doktorské studium oboru Zoologie, Katedra zoologie a Ornitologická laboratoř, PřF UP v Olomouci

2007-2009: Mgr. v oboru Zoologie, Katedra zoologie a Ornitologická laboratoř, PřF UP v Olomouci

2004-2007: Bc. v oboru Systematická biologie a ekologie, Katedra zoologie a Ornitologická laboratoř, PřF UP v Olomouci

Zahraniční vědecko-výzkumné pobyty

únor 2013: University of Brunei Darussalam Kuala Belalong Field Studies Centre (Brunej)

září 2012-listopad 2012: Museum of Natural History at Wroclaw University (Polsko)

Výzkumné a výukové granty

2012-dosud: Výmladkové lesy jako produkční a biologická alternativa budoucnosti; v rámci OPVK CZ.1.07/2.3.00/20.0267, MŠMT, (člen řešitelského týmu)

2012: Tvorba demonstračních sbírek pro praktickou výuku biologických oborů; v rámci G4/2198/2012, FRVŠ, (člen řešitelského týmu)

2008-2013: Limity ochrany biodiverzity ve fragmentované krajině; v rámci VaV-SP 2d3/139/07, MŽP, (člen řešitelského týmu)

2005-2006: Vliv alochtonní borovice kleče na faunu bezobratlých v NPR Praděd (CHKO Jeseníky): na příkladu epigeických brouků; v rámci VaV SM/6/70/05, MŽP, (člen řešitelského týmu)

2005: Vliv sjezdových tratí na faunu bezobratlých v NPR Praděd (CHKO Jeseníky): na příkladu epigeických brouků; v rámci VaV/620/15/03, MŽP, (člen řešitelského týmu)

Pedagogická činnost

Podíl na výuce:

ZOO/SBP Fylogeneze a systém bezobratlých

ZOO/CTP Zoologická cvičení v terénu

Další odborná činnost

Vedení a konzultace bakalářských (3×) a diplomových (1×) prací

Posudky na bakalářskou práci (4×)

Seznam publikovaných prací

Mezinárodní impaktované (včetně připravovaných)

Kašák J., Holuša O., Foit J. et Knížek M.: (rukopis) *Scolytus koenigi* Schevyrew, 1890 (Coleoptera: Curculionidae): possible range expansion and notes on its biology. (Annals of Forest Research, v recenzním řízení)

Mazalová M., Šipoš J., Rada S., **Kašák J.**, Šarapatka B. et Kuras T.: (rukopis) Responses of grassland arthropods to various biodiversity-friendly management treatments: is there any compromise? (European Journal of Entomology, v recenzním řízení)

- Kašák J.**, Mazalová M., Šipoš J. et Kuras T.: (rukopis) Dwarf pine - invasive plant threatens biodiversity of alpine beetles. (Biodiversity and Conservation, přijato k tisku)
- Kašák J.**, Mazalová M., Šipoš J. et Kuras T. 2013: The effect of alpine ski-slopes on epigeic beetles: does even a nature-friendly management make a change? *Journal of Insect Conservation*. 17: 975-988.

Tuzemské recenzované

- Kašák J.**, Trnka F. et Gabriš R. 2012: Results of entomological survey of beetles (Coleoptera) from the Borek u Domašova Natural Reserve (Hrubý Jeseník Mts.): implications for conservation biology. *Časopis Slezského muzea v Opavě. Série A*. 61: 197-212.
- Mazalová M., **Kašák J.** et Kuras T. 2012: Annotated entomological bibliography of the Praděd National Nature Reserve (Hrubý Jeseník Mts.). *Časopis Slezského muzea v Opavě. Série A*. 61: 23-42.
- Kašák J.** et Stanovský J. 2012: Postindustriální stanoviště – šance na přežití svižníka německého *Cicindela germanica* (Coleoptera: Carabidae). *Acta Musei Beskidensis*. 4: 175-177.
- Kašák J.** et Gabriš R. 2011: Nálezy ekofaunisticky významných druhů brouků (Coleoptera) na Jesenicku (severní Morava, Česká republika). *Acta Musei Beskidensis*. 3: 187-192.

Příspěvky na konferencích

- Kašák J.**, Foit. J. et Hula V. 2015: Ground beetles (Coleoptera – Carabidae) and their response to coppice management. In: Vild O. (ed.): *Coppice forests: past, present and future*. Brno, 2015 (poster).
- Kašák J.**, Šipoš J., Mazalová M. et Kuras T. 2013: Is it possible to determine the optimal landscape connectivity in relation to biodiversity of ground beetles (Carabidae)? In: Saska P., Knapp M., Honěk A. et Martínková Z. (eds.): 16th European carabidologist meeting. Praha, 2013 (poster).
- Holec V. et **Kašák J.** 2012: Tesařík drsnorohý (*Aegosoma scabricorne*), tajemný obyvatel olomouckého parku. In: Bryja J., Albrechtová J. et Tkadlec E. (eds.): *Zoologické dny Olomouc 2012*. Olomouc, 2012 (poster).
- Kašák J.**, Mazalová M., Holec V. et Kuras T. 2011: Jak se žije motýlům v CHKO Jeseníky aneb seznam padlých a přeživších. In: Bryja J., Řehák Z. et Zukal J. (eds.): *Zoologické dny Brno 2011*. Brno, 2011 (přednáška).
- Šipoš J., **Kašák J.** et Kuras T. 2010: Je možné stanovit optimální konektivitu krajiny vzhledem k biodiverzitě? In: Bryja J., Zukal J. et Řehák J. (eds.): *Zoologické dny Praha 2010*. Praha, 2010 (poster).
- Kašák J.** 2009: Saproxylicí brouci (Coleoptera) – ohrožené bohatství Jeseníků. In: Chlápek J. (ed.): *1969-2009 40 let CHKO Jeseníky*. Karlova studánka, 2009 (přednáška).
- Kašák J.** et Kuras T. 2008: Představuje sjezdový areál Ovčárna - Petrovy kameny v NPR Praděd riziko pro bezobratlé? In: Tuf I.H. et Kostkan V. (eds.): *Výzkum v ochraně přírody*. Olomouc, 2008 (přednáška).
- Kašák J.** et Kuras T. 2007: Vliv alochtonní borovice kleče (*Pinus mugo*) na faunu bezobratlých v NPR Praděd (CHKO Jeseníky): na příkladu epigeických brouků. In: Bryja J., Zukal J. et Řehák J. (eds.): *Zoologické dny Brno 2007*. Brno, 2007 (přednáška).
- Kašák J.** et Kuras T. 2006: Vliv sjezdových tratí na faunu bezobratlých v NPR Praděd (CHKO Jeseníky): na příkladu epigeických brouků. In: Bryja J. et Zukal J. (eds.): *Zoologické dny Brno 2006*. Brno, 2006 (přednáška).