

Univerzita Palackého Olomouc  
Přírodovědecká fakulta  
Katedra zoologie a ornitologická laboratoř



**Analýza druhového spektra střevlíkovitých (Coleoptera:  
Carabidae) rozdílných biotopů bzeneckých písčín.**

**The analysis of species of Carabidae family in different  
biotops of Bzenec landes.**

**Diplomová práce**

**Patrik Hajdaj**

Studijní program: biologie

Studijní obor: zoologie

Forma studia: prezenční

Vedoucí práce: Doc. PaedDr. Jan Farkač, CSc.

Olomouc, duben 2011

Tímto mnohokrát děkuji Doc. PaedDr. Janu Farkačovi, CSc. (Česká zemědělská univerzita, Praha) za odborné vedení mé diplomové práce, poskytnutí cenných rad a literárních zdrojů. Dále potom Mgr. Josefu Kašákovi (UP Olomouc) za pomoc při statistickém hodnocení a poskytnutí literárních pramenů. Za udělení výjimky z ochranných podmínek pro sběr materiálu v PP Bzenecká střelnice děkuji MŽP ČR, a vládě. V neposlední řadě také RNDr. Tomáši Kurasovi, Ph.D. (UP Olomouc) za kritiku a připomínky při psaní oponentského posudku.

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval sám, pouze za použití uvedených literárních a řádně citovaných zdrojů.

V Olomouci dne 26. 4. 2011

.....

## **Bibliografická identifikace**

Jméno a příjmení autora: Patrik Hajdaj

Název práce: Analýza druhového spektra střevlíkovitých (Coleoptera: Carabidae) rozdílných biotopů bzeneckých písčín.

Typ práce: diplomová práce

Pracoviště: Katedra zoologie a ornitologická laboratoř

Vedoucí práce: Jan Farkač

Rok obhajoby: 2011

Abstrakt:

V průběhu sezóny 2009 byla prováděna analýza druhového spektra čeledi střevlíkovitých (Coleoptera: Carabidae) na vybraných lokalitách v oblasti Bzeneckých písčín. Hlavními cíli práce bylo objasnit, jak výsadba borovice lesní (*Pinus sylvestris*) ovlivňuje druhové složení střevlíkovitých a jaký význam mají rekultivace po těžbě písku na vybrané lokalitě. Dále bylo prováděno stanovení indexu komunity střevlíkovitých dle procentuálního zastoupení v jednotlivých ekologických skupinách. Dle zastoupení druhů v jednotlivých skupinách lze hodnotit zachovalost a ovlivnění biotopů antropogenní činností a navrhnout opatření předcházející negativním změnám.

Materiál byl odebírán metodou padacích zemních pastí na pěti lokalitách, které se lišily svým vegetačním pokryvem, půdní vlhkostí a dalšími charakteristikami ovlivňujícími společenstva střevlíkovitých. Celkově byl získán a zpracován materiál čítající 287 exemplářů a 21 druhů z této čeledi. Druhy byly determinovány na úroveň druhu a následně zařazeny do základních ekologických skupin dle šíře jejich ekologické valence a vázanosti na biotop. Vztahy druhů a sledovaných proměnných faktorů byly hodnoceny prostřednictvím mnohorozměrných ordinačních analýz (CCA). Na základě analyzovaných dat lze říci, že jednotlivé věkové stádia borové monokultury významně formují společenstva střevlíkovitých brouků. Výrazný vliv má i těžba písku a následný vznik obnažených písčitých ploch. Na otevřených písčínách Bzenecké střelnice mají tendenci se vyskytovat druhy výrazně psamofilní a druhy reliktní, stejně jako na nedávno vytěžené ploše se zahájenou rekultivací. Výsadba borových monokultur se jeví jako opatření nevhodné.

Klíčová slova: druhové spektrum, IKS (index komunity střevlíkovitých), střevlíkovití (Carabidae), Bzenec, písčiny

Počet stran: 46

Počet příloh: 7

Jazyk: český

### **Bibliographical identification**

Autor's first name and surname: Patrik Hajdaj

Title: The analysis of species of Carabidae family in different biotops of Bzenec landes.

Type of thesis: masters thesis

Department: Department of Zoology and Laboratory of Ornithology

Supervisor: Jan Farkač

The year of presentation: 2011

Abstract:

During the 2009 season an analysis of a species spectrum of the family of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) was being made in selected localities in the area of Bzenec shifting sands. The primary goals of the thesis include the clarification of how the planting of Scotch pine (*Pinus sylvestris*) influences the species composition of ground beetles and what meaning there is in reclamations after sand mining in a selected locality. Further, a determination of the index of the community of ground beetles according to the percentage representation in individual ecological groups was carried out. According to the species representation in individual groups we can assess the intactness and impact on biotopes by anthropogenic activities and propose measures preventing negative changes.

Materials were taken by the method of ground traps in five localities which differed from one another in their vegetation overlay, soil humidity and other characteristics influencing the communities of ground beetles. In total a material counting 287 samples and 21 species of this family was gained and processed. The species were determined on the level of species and subsequently classified into basic ecological groups according to the width of their ecological valence and dependence on a biotope. The relations of species and monitored variable factors were evaluated by way of canonical correspondence analyses (CCA). On the basis of analyzed data we can claim that individual age stages of pine monoculture form significantly communities of ground beetles. Sand mining also has a considerable impact and the follow-up emergence of exposed sandy areas. On the open sands of Bzenec's shooting range as well as in the area recently mined for sand and being reclaimed there is a tendency for clearly psammophilous and relict species to occur. Planting pine monocultures appears to be a quite unsuitable step.

Keywords: diversity, bioindicators, ground beetles (Carabidae), Bzenec, landes

Number of pages: 46

Number of appendices: 7

Language: czech

## Obsah

<b>1</b>	<b>Úvod do problematiky .....</b>	<b>6</b>
<b>2</b>	<b>Charakteristika území.....</b>	<b>8</b>
<b>3</b>	<b>Materiál a metodika průzkumu .....</b>	<b>10</b>
	<b>3.1 Charakteristika zemních pastí .....</b>	<b>10</b>
	<b>3.2 Možné vlivy záchytných ploch na společenstva .....</b>	<b>11</b>
	<b>3.3 Rozdělení biotopů .....</b>	<b>13</b>
	<b>3.4 Metodika odběru vzorků .....</b>	<b>15</b>
	<b>3.5 Zpracování a determinace materiálu .....</b>	<b>16</b>
<b>4</b>	<b>Vyhodnocení nasbíraného materiálu .....</b>	<b>17</b>
<b>5</b>	<b>Výsledky .....</b>	<b>22</b>
<b>6</b>	<b>Diskuse .....</b>	<b>29</b>
	<b>6.1 Diskuse k jednotlivým druhům .....</b>	<b>35</b>
<b>7</b>	<b>Závěr .....</b>	<b>40</b>
<b>8</b>	<b>Seznam použité literatury .....</b>	<b>42</b>
<b>9</b>	<b>Přílohy .....</b>	<b>47</b>

## 1 Úvod do problematiky

Významným rysem člověka především v posledním století je měnit krajinu ve které žije k jeho prospěchu. Stal se tak přímo či nepřímo hlavní ovlivňující složkou téměř všech přírodních stanovišť. Na území ČR se člověkem neovlivněná stanoviště téměř nevyskytují a zachovalé, nebo něčím významné lokality je třeba chránit a udržovat za každou cenu.

Naštěstí stoupá alespoň v rozvinutých zemích snaha o vysvětlení těchto negativních dopadů lidské společnosti a pokusy o nápravu mohou být závčas úspěšně řešeny. Dokonce k tomu můžeme využít i samostatné složky života – jednotlivé druhy. I o nepatrných změnách prostředí nejrůznější povahy nás mohou informovat změny druhového spektra některých živočichů zvaných bioindikátory. Antropogenní ovlivnění se projevuje na jednotlivých biotopech kvalitativními i kvantitativními změnami v populacích těchto druhů. Po porozumění jejich ekologických nároků a jiných charakteristik tak můžeme využít tyto druhy k zajímavé a užitečné metodě indikace kvality prostředí.

Střevlíkovití do této skupiny rozhodně patří a jsou za tímto účelem sledováni již řadu let. Jsou relativně známé jejich ekologické nároky a dobře odpovídají na antropicky vyvolané změny v jejich životním prostředí (Hůrka 1988). I z tohoto důvodu se používají řadu let jako modelové skupiny pro ekologické studie (Hůrka 1996). Na využití střevlíkovitých jako indikátorů pro podmínky agroceenóz poukazuje již Heydemann (1955) a Skuhrový (1957). O interpretaci této teorie na čeled' Carabidae ČR se pokusil také Nenadál (1993), kdy zařadil 185 druhů z 32 stanovišť do tří skupin. Po sumarizaci výsledků zjistil, že použití je vhodné především v nelesních biotopech. Z dalších českých autorů zabývajících se touto problematikou je třeba zmínit především práce (Farkač 1993, 1994) a Hůrka, Veselý & Farkač (1996).

Střevlíkovití jsou významní činitelé i ve složkách primárních, sekundárních i terciálních konzumentů. Zvyšují heterogenitu ekosystémů, tok energie a snižují jejich labilitu (Novák 1974). Poměrně dobře reagují na cizorodé látky vnášené do jejich životního prostředí, ale i na změny pH, půdní vlhkosti a světelné podmínky na daném biotopu. Především ve vztahu k charakteru půdního povrchu studoval společenstva střevlíkovitých Müller-Motzfeld (1989). Cizorodé látky lze sledovat v chemismu biomasy těla imága a odráží se zde chemické složení potravy, kterou přijímá larva i imago (Novák 1985).

Autoři Rainio & Niemela (2003) však ve své práci poukazují, že všechny druhy střevlíkovitých nejsou ovlivňovány malým narušením stejně a jejich využití k bioindikačním účelům by mělo být prováděno s opatrností.

Celosvětově je tato čeleď velice rozšířená a druhově diverzifikovaná. Počet druhů střevlíkovitých (Carabidae) v České a Slovenské republice se v současnosti přibližuje 600 druhům (Löbl & Smetana 2003).

Pro výše uvedené argumenty jsem se rozhodl tuto v přírodě nezastupitelnou skupinu využít při hodnocení kvality jednotlivých biotopů i při tvorbě této práce. Navazuji tak na dlouholetou tradici studia této oblíbené skupiny a pokusím se objasnit, jaké je možné praktické využití této skupiny k posuzování změn v prostředí, hodnocení stavu zachovalosti biotopů a zda je možno vlastnosti skupiny aplikovat při tvorbě a ochraně biotopů dnes již mizejících. Právě takové biotopy jsou představovány písčinami, které jsou nerovnoměrně rozloženy nedaleko Bzence a vznikají např. po těžbě písku. Každoročně jsou tyto plochy zmenšovány vlivem náletových dřevin, povinnými rekultivacemi, nebo malými a neúspěšnými zásahy v rámci plánu péče na plochách chráněných a jejich udržení v primárních sukcesních fázích je velmi obtížné.

Při sledování sukcese na narušených, nebo zničených biotopech lze obecně říct, že návrat k původnímu druhovému složení je velmi složitý. Druhy vzácné, málo rozšířené (stenotopní) a neadaptivní, pokud na původních biotopech vůbec přežívají, se navrátí po odstranění příčin znehodnocení většinou až v době, kdy velmi složité přírodní podmínky nabudou původních hodnot (Farkač 1994).

Tímto způsobem bychom také mohli v budoucnu sledovat měnící se trendy ve změnách kvality prostředí jednotlivých lokalit v průběhu několika let.



## 2 Charakteristika území

Charakteristika území je z velké míry převzata z bakalářské práce (Hajdaj 2008), neboť výzkum probíhal na obdobných biotopech v oblasti se stejnou charakteristikou.

Zkoumané biotopy spadají do Vídeňské pánve, jejíž většina leží na rakouském území. Část, která zasahuje na území ČR je prakticky totožná s územím Dolnomoravského úvalu na jihovýchodní Moravě (Chlupáč a kol. 2002). Je pro něj charakteristický plochý reliéf na neogenních a kvartérních sedimentech. V jeho rámci představuje podcelek Dyjsko-moravská pahorkatina – oblast mezi Moravou a Dyjí, charakteristická zaoblenými hřbety, které jsou odděleny širokými údolními. Oblast vátých písků se nachází v její východní části – Ratiškovické pahorkatině nad řekou Moravou. Rozprostírá se mezi Bzencem-Přívozem, Moravským Pískem, přes Vacenovice po Hodonín. Území obsahuje národní přírodní památku s charakteristickým názvem Váté písky u Bzence, která se táhne podél železniční trati mezi stanicemi Rohatec a Bzenec přívoz. Byla vyhlášena v roce 1990 a dosahuje téměř 100 hektarů. Dále potom přírodní památku Bzenencká střelnice, která se nachází 1,9 km J od Bzence na místě bývalého vojenského cvičiště a střelnice. Její nadmořská výška je v nejvyšším bodě 200 m. n. m. a rozloha necelých 29 ha. Jedná se o jedinečnou písčitou plochu uprostřed borových monokultur, poskytující útočiště psamofilním druhům fauny a flóry.

Sedimenty reprezentuje bzenecké souvrství - na bázi písky a štěrky deltového původu, v centru pánve a ve vyšší části sledu vápnité jíly. Byly vyváté z těchto sedimentů v území mezi Bzencem a Hodonínem během pleistocénu jižními a jihozápadními větry (Chlupáč a kol. 2002). Mocnost písků je různá a může dosáhnout několika desítek metrů. Někdy až 30 m. Písky jsou tvořeny téměř čistými křemennými zrny (95 %) s nepatrnou příměsí jiných minerálů. Jsou prakticky neschopné dalšího zvětrávání a díky špatné vodivosti se na povrchu v létě silně zahřívají, zatímco spodní vrstvy jsou chladné. Následkem těchto extrémních podmínek se na pískách vytváří jen iniciální stádia půdy tzv. syrozem, která neobsahuje téměř žádný humus. V dávné minulosti patřila zdejší oblast především pastevectví, takže došlo k výraznému odlesnění celého území. Původní lesy byly tvořeny převážně dubovými porosty, jak o tom svědčí název tohoto území „Důbrava“. Odlesňování zašlo tak daleko, že na konci 18. století se začaly vytvářet pohyblivé písčité duny a přesypy. Mocnost přesypů dosahuje až několik metrů, např. u Vracova 7-11 metrů vysoký přesyp a přesyp u stanice Bzenec-Přívoz 2-13 metrů (Švehlík 2002). Na území se vzhledem k fyzikálním poměrům podloží nenacházejí žádné vodní toky.

Z výše uvedených důvodů se v letech 1823 až 1852 pod vedením J. B. Bechtela přistoupilo k výraznému zalesnění holé písčité plochy nepůvodní borovicí, která by stabilizovala tyto přesypy. Po odkrytí jakékoli plochy se však přesypy ihned aktivují. Jedná se tudíž o typickou přesypovou oblast (Švehlík 2002). Tehdejší vídeňská vláda rozhodla, že napříč územím povede tzv. Severní dráha císaře Ferdinanda. Jednalo se o první železniční spojení Vídeň-Bochnia a první vlak zde projel do Přerova v roce 1841. Díky tomuto spojení musela zůstat nezalesněná alespoň část písčin podél tratě z bezpečnostních důvodů. Až na pár výjimek je tento pás důkazem, kdysi obrovského nezalesněného území podobného poušti.

Studovaný soubor jednotlivých lokalit spadá klimaticky do podoblasti T4 v komplexu teplých oblastí- nejteplejší území České republiky (Quitt 1975). Tato podoblast se vyznačuje velmi dlouhým, teplým a velmi suchým létem, velmi krátkým přechodným obdobím s teplým jarem a podzimem a krátkou, mírně teplou a suchou až velmi suchou zimou s velmi krátkým trváním sněhové pokrývky. Srážkové úhrny většinou nepřesahují 500 mm, ve vegetačním období spadne okolo 300 mm srážek. Průměrná roční teplota přesahuje 9 °C, průměrná teplota v lednu je -2 až -3 °C, v červenci 19-20 °C. Počet letních dnů je 60 – 70. Délka vegetačního období je 170 – 180 dnů (Quitt 1971).

Na naše poměry se jedná o značně extrémní území je vhodné jen pro specifické druhy rostlin a živočichů. Na silnějších vrstvách vátých písku se v minulosti vyvinuly acidofilní doubravy, na slabších vrstvách potom panonské subxerofilní doubravy. Dnes tvoří porosty především acidofilní borovicové porosty. Nejcennější jsou ovšem dnes již vzácná místa bezlesá se suchými stepními trávníky a písčinami. Právě zde nacházejí útočiště především psamofilní teplomilné druhy flóry a fauny. V současné době nemá tato vegetace a fauna v ČR obdoby. Nedostatek minerálních živin a vysoká propustnost půdy umožňují růst pouze speciálně přizpůsobeným druhům rostlin. Botanickým průzkumům zde byla věnována pozornost již v minulém století. Mezi nejzajímavější druhy zde patří ohrožené druhy jako jsou kavyl písečný (*Stipa borysthenica*), koleneček pětimužný (*Spergula pentandra*), dále silenka lepkavá (*Silene viscosa*), smil písečný (*Helichrysum arenarium*), paličkovec šedavý (*Corynephorus canescens*), divizna brunátná (*Verbascum phoeniceum*) a lnice kručinkolistá (*Linaria genistifolia*). Jako zástupce živočichů je třeba uvést vzácnou ještěrku zelenou (*Lacerta viridis*) vyskytující se pouze v nejteplejších částech našeho území, která zde má poměrně silnou populaci, stejně jako kudlanka nábožná (*Mantis religiosa*) (Ambrozek L. & Jongepier W. L. 1990). Z dalších bych uvedl blatnici skvrnitou (*Pelobates fuscus*), saranči modrokřídrou (*Oedipoda coerulescens*) a

chroustka (*Omaloplia spireae*), který je vázán pouze na několik stepních lokalit v teplejších částech jižní Moravy, například Kamenný vrch v Brně (Farkač & Farkačová 2003).

### **3 Materiál a metodika průzkumu**

#### **3:1 Charakteristika zemních pastí**

Na metodu odběru vzorků zemními pastmi, jako první poukázal při studiu jeskynní fauny Barber (1931). Používá se po drobnějších úpravách k zachytávání půdního edafonu, ale i pavouků (Araneae) (Kůrka 1982). Tuto metodu si pro lov střevlíkovitých záhy osvojili Skuhřavý (1957), Greenslade (1964) a další. I když tato metoda byla kritizována, protože počet zachycených jedinců nemusí skutečně o abundancích druhů vypovídat a sleduje především jejich aktivitu, tato metoda je velmi rozšířená a používá se ve většině podobných výzkumů. Schütte (1957) dokázal, že druhové složení a početnosti střevlíkovitých zachycených do zemních pastí se prokazatelně nelišilo od početností a druhového složení střevlíků uhynulých po aplikaci DDT na dané lokalitě. Jako fixační činidlo byl používán ethylenglykol (Barber 1931), 3-5 % roztok formaldehydu (Heydemann 1953, Novák 1964, Veselý et al 1997, Kašák 2009). Z výsledků šestiletého pokusu, kdy byly srovnávány pasti bez konzervačního roztoku a s formaldehydem Thielle (1997) potvrdil, že formaldehyd neslouží pro střevlíky jako atraktant. Podobný experiment prováděl Holopainen (1990), kdy srovnával úlovky střevlíkovitých do pastí s vodou a ethylenglykolem. Uvádí, že atraktivita pastí s ethylenglykolem je větší, může však záviset na pohlaví a druhu. Při výzkumu diurnální aktivity střevlíkovitých používá Novák (1974) pasti bez fixační tekutiny naplněné vlhkými pilinami. Živý chycený hmyz tak má šanci se ukrýt a posloužit později k vyhodnocení výsledků, aniž by musel být usmrcen.

Novák (1964) studoval během tří let celkem 41 359 jedinců střevlíkovitých brouků na agrocenózách a snažil se objasnit vliv návnady na množství zachycených jedinců a druhů. Na všech stanovištích prováděl odlovy brouků do celkem 10 zemních pastí a jako konzervační roztok použil formaldehyd. V polovině pastí byla umístěna návnada v podobě kousku masa. Z celkového počtu 60 zachycených druhů Novák zjistil, že z pastí bez návnady pochází 54 druhů a z pastí s návnadou jen 49 druhů.

Může se však především u menších druhů jednat o rozdílnou možnost úniku z obou typů pastí. Petruška (1969) studoval a poukázal na možnost úniku imag střevlíkovitých

z formalinových zemních pastí. Uvádí sice, že střevlíkovití brouci vykazují poměrně malé ztráty únikem (okolo 1,5%) z těchto pastí. Prokázal však možnost úniku u druhu *B. lampros*, *B. properans* a *I. dorsale*. U středně velkých a velkých jedinců únik prokázán nebyl. Na možnost úniku druhu *Bembidion lampros* ze zemních pastí poukazuje také Novák (1974).

Při dlouhodobých výzkumech je třeba past chránit před povětrnostními vlivy, nečistotami atd. neboť by mohlo dojít ke znehodnocení úlovku. Petruška et al. (1982) zkoumal vliv stříšky nad zemní pastí. Používal k tomuto účelu různé druhy stříšek a sledoval početní i druhové zastoupení střevlíkovitých. Z celkového počtu 31 druhů a 13 577 jedinců z čeledi Carabidae pocházelo z pastí s neprůhlednými kryty 41,6 % jedinců a 58,4 % jedinců z pastí s průhlednými kryty.

### **3.2: Možné vlivy záchytných ploch na společenstva**

Výzkum jsem prováděl na pěti různých lokalitách. Všechny se nacházely nedaleko města Bzenec ve směru na Strážnici. Výrazně se lišily mírou vegetačního krytu, sluneční expozicí, půdní vlhkostí a výškou rostlinného opadu. Tyto faktory významně ovlivňují druhovou skladbu společenstev střevlíkovitých. Při hodnocení vlivu nepůvodní borovice lesní na společenstva střevlíkovitých brouků je nutné vycházet z ekologických vazeb jednotlivých druhů a jejich vázanosti na určitý typ biotopu. Střevlíkovití bývají klasifikováni dle různých kritérií např. na druhy lesní a druhy otevřené krajiny (Heliölä et al. 2001, Niemelä et al. 2007) a zástupce kategorií lze dělit ještě na generalisty nebo specialisty. Lze proto předpokládat, že borový les bude negativně měnit společenstva ve prospěch lesních druhů a bude mít negativní dopad na druhy otevřených xerothermních písčin. Naopak od okraje lesa směrem k obnažené ploše či středu mýtiny početnosti lesních druhů postupně klesají (Magura 2002). Druhy vázané na lesní biotopy po mýcení výrazně ubývají, nebo úplně mizí (Werner & Raffa 2000). Zmínění autoři však nemají na mysli borovou monokulturu, ale přirozený les s různorodější druhovou skladbou. Důležitou roli zde hraje především adaptace lesních druhů na prostředí s velkým množstvím opadu a větší humiditou. Celková vrstva opadu přispívá ke zvětšení vertikální plochy a tím pádem umožňuje i širší distribuci střevlíků, což zeslabuje konkurenci mezi nimi (Magura 2002).

Složení druhového spektra střevlíků bylo zkoumáno také v závislosti na světelných podmínkách, které vegetační zápoj výrazně mění. Početnost některých druhů se postupně

snižuje nebo zvyšuje v závislosti na ozáření plochy sluncem, které zápoj propustí, nebo na jejím dočasném zastínění lesním zápojem (Novák 1972). Na vybraných biotopech biotopech byla věnována pozornost i diurnální aktivitě stěvlíkovitých v různorodých společenstvech. Jak se ukázalo, i diurnální aktivita a disperze stěvlíkovitých v prostoru může být ovlivněna vegetačním zápojem. Novák (1971, 1972) studoval za laboratorních podmínek diurnální aktivitu stěvlíkovitých v polních i lesních biotopech. Zjistil, že klesalo procento souhrnné aktivity za světelného dne z vysokých hodnot v jarním období přes léto až k nízkým hodnotám na podzim výrazněji v polním, než v lesním biotopu. Novák (1973) došel také k zajímavému zjištění, že nedostatek vlhkosti v otevřeném terénu např. (polním) způsobuje přesun aktivity jarních druhů do pozdního léta a na podzim a především do noční fáze. Podzimní druhy s výraznou noční aktivitou omezovaly aktivitu při denním světle v otevřeném terénu více, než v lese.

Je zřejmé, že monokultury borovice lesní (*Pinus sylvestris*) jsou na těchto místech nepůvodní, velmi odolné a expanzivní porosty. Existuje několik důkazů o tom, že se zde původně ještě kolem roku 1800 vyskytovaly doubravy ale vlivem pastvy byly vytěženy a následně se obnažily mocné vrstvy písku (Švehlík 2002). Rekultivace borovicí lesní po vytěžení písku, nebo šterku je velmi známá praxe, což popisuje na několika pískovnách v okolí Nymburka i Matějček (1999). Tyto porosty ovlivňují díky svému zápoji a husté výsadbě druhové složení bylinného patra, což je patrné i z přímého pozorování. Tyto porosty významně mění půdní dekompoziční procesy a mineralizace na jednotlivé látky probíhá pomaleji, než u listnatých a křovinatých porostů (Gonzales et al. 2003). Dochází také k okyselování svrchních vrstev půdy s hrabankou (Svoboda 2001), celkové změně chemismu a zvyšujícímu se množství terpenoidních látek (Evinek & Chapin 2003). Pod těmito porosty dochází k hromadění opadu na povrchu půdy v mocnostech až 10 cm. Svoboda (2001) udává, že k většímu hromadění opadu dochází i u vysokohorské příbuzné borovice kleče (*Pinus mugo*). Pokud by se vytěžené plochy ponechala přirozeným sukcesním jevům mohou být z ekologického hlediska hodnotnější než jejich okolí a mohou se stát i útočištěm některých druhů rostlin a živočichů, pro které nejsou v okolním prostředí vhodné životní podmínky. Vyšší stupeň ekologické stability opuštěných pískoven vzhledem k jejich okolí je však většinou dán spíše nízkým stupněm ekologické stability tohoto jejich okolí, které může představovat intenzivně využívaná zemědělská krajina (Matějček 1999).

Následně budou uváděny jednotlivé biotopy (lokality) s jejich charakteristikami od biotopů otevřených až po biotopy s největší vegetační pokryvností. Klimatické údaje,

geologický charakter a jiné specifika dané oblasti jsou v širším pojetí uvedeny v kapitole 2. Proto budu uvádět pouze bližší specifika pro jednotlivé lokality včetně zeměpisných souřadnic.

### 3.3: Rozdělení biotopů

#### **Biotop A: Otevřená písčítá plocha**

První biotop se nachází na samotné Bzenecké střelnici, která je vyhlášena za přírodní památku. Nachází se 1,9 km J od města Bzenec v okrese Hodonín, kraj Jihomoravský. Nadmořská výška v nejvyšším bodě je 200 m. n. m., zeměpisné souřadnice zkoumané lokality jsou 48°57' N, 17°17' E. Číslo mapového pole pro obec Bzenec a všechny následující mnou zkoumané plochy je 7069 (Prunel & Míka 1996).

Reliéf je rovinný s mírnou podmáčenou terénní depresí uprostřed. Tento biotop náleží k acidofilním stepím. Jsou to biotopy silikátových hornin- neogenních křemičitých písků s nízkým obsahem bází ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ). Tato plocha s několika starými soliterními borovicemi a xerothermními travními porosty je jedna z mála odlesněných ploch uprostřed lesního komplexu Bzenecké doubravy. Odlesněná plocha leží na podkladech vátých písků s porosty otevřených trávníků písčin. Převládají porosty otevřených trávníků písčin (T5.2) na okrajích v mozaice spolu s nereprezentativními porosty acidofilních doubrav na písku (L7.4). Vyskytuje se řada významných druhů rostlin, např. paličkovec šedavý (*Corynephorus canescens*), mateřídouška úzkolistá (*Thymus serpyllum*), smil písečný (*Helichrysum arenarium*), divizna brunátná (*Verbascum phoeniceum*). Vegetační pokryvnost se zde místy díky náletovým dřevinám a soliterním borovicím liší, na ploše vybrané pro expozici pastí činila 15-20 %.

Právě pro svůj dlouhodobý charakter obnažené plochy procházející neustále ranými sukcesními stádii se na tomto biotopu formovalo jedinečné druhové složení psamofilního společenstva střevlíkovitých. K vůli managementu spočívajícím v udržování otevřených ploch, nerovnoměrném odstraňování a narušování drnů a všech náletových druhů dřevin, především borovice, byl tento biotop zvolen jako kontrolní vzhledem k ostatním biotopům, neboť zde byl předpokládán vysoký, možná nejvyšší výskyt vysoce specializovaných psamofilních a zároveň reliktních druhů střevlíkovitých.

#### **Biotop B: Otevřená plocha po těžbě písku se zahájenou rekultivací**

Nachází se 3,3 km jižně od města Bzenec nedaleko kolonie Bzenec - Přívoz. Lokalita má nadmořskou výšku 185 m. n. m. a zeměpisné souřadnice 48°56' N, 17°18' E. Je

součástí funkčního těžebního prostoru pískovny Bzenec - Přívoz. Písek se těžkými stroji těží pravidelně do hloubky přibližně 8 metrů pouze po jedné hraně terénní deprese. Odtěžená plocha tvořící písečnou lavici je místy holá, místy již pokrytá pásy sanačního porostu tvořeným převážně borovicí lesní (*Pinus sylvestris*) a topolem osikou (*Populus tremula*). Pasti jsem umisťoval zhruba 3-5 metrů od čerstvě odtěžených svahů. Díky narušení svrchní vrstvy písku s vegetací a následné plné sluneční expozici tato lokalita byla nejsušší. Po odtěžení zůstávají svahy určitou dobu naprosto bez vegetace a díky vysokému sklonu a velké sluneční expozici se ztěžuje i růst bylin a dřevin z náletu. Právě v těchto místech probíhala v témže roce rekultivace odtěžené plochy výsadbou dvouletých semenáčků borovice lesní (*Pinus sylvestris*). Tento porost byl vysazen na plochu obdélníkového tvaru přibližně 50 x 300 m. Jednotlivé sazenice se sadily do pásů a od sebe byly vzdáleny 120 cm. Celková pokryvnost plochy těmito semenáčky nebyla vyšší než 5%. Takových ploch je v této oblasti několik, ale díky rychlým rekultivačním zásahům poměrně rychle zarůstají a ve stádiu primární sukcese vydrží zpravidla jen několik let.

#### **Biotop C: Rekultivovaná plocha s 2,5 metrovou borovou monokulturou**

Tento biotop je geograficky a geomorfologicky téměř shodný s biotopem B. Tato plocha navazuje v odtěžené depresi ostrou hranicí na relativně čerstvě těženu a rekultivovanou plochu před 5 lety. Tvoří ji obdélníkový pás 50 x 300 metrů souběžný s pásem biotopu B. Mezi nimi se však nachází další rekultivovaná plocha před 5 lety. Tuto plochu jsem záměrně vynechal, neboť přechod je příliš plynulý a změna vegetačního pokryvu nevýrazná.

Vybraný biotop C je opět borová monokultura vysazená cca před 8 lety. Výška jednotlivých stromů je již 2,5 metru. Žádná jiná vegetace se zde prakticky nevyskytuje, porost je velmi hustý, neboť neprošel stále žádnými výchovnými zásahy. Na písčitém povrchu již začíná být patrná kumulace borového špatně rozložitelného opadu. Pokryvnost vegetační plochy je mezi 45 – 55 %. Z výše uvedeného vyplývá, že sluneční expozice na terén je relativně malá a opad již významněji mění strukturu půdy.

#### **Biotop D: Borová monokultura ve výšce 10 metrů**

Tento biotop má geograficky opět obdobné charakteristiky jako předešlé plochy. Geografické souřadnice jsou 48°56'27N, 17°17'46E. Tato plocha navazuje z jihu na předešlé dva biotopy (B, C) a zmíněný vynechaný čtvrtý biotop mezi nimi. Uzavírá tak

cyklus čtyř rekultivačních zásahů jdoucích po sobě v průběhu dvaceti let. Netvoří ji pravidelný obdélníkový pás jako u předešlých dvou lokalit, ale tvarově různorodý porost pokrývající větší plochu. Opět se jedná o borovou monokulturu vysazenou cca před 20 lety. Výška jednotlivých stromů je již 10 metrů. Žádná významnější vegetace kromě mechů se zde nevyskytuje. Její výskyt znemožňuje především vysoké množství opadu. Porost prošel před několika lety výchovnými zásahy v podobě prořezávky, takže jsou jednotlivé kmeny vzdáleny do 3 metrů od sebe. Půda je pokrytá 2-3 cm vrstvou opadu, což má za následek i pomalé vysychání půdy v tomto porostu. Světelné podmínky jsou velmi špatné, protože pokryvnost této monokultury může být místy i 90 %.

### **Biotop E: Borová monokultura v mýtním věku**

Geografické souřadnice poslední lokality jsou 48°56'49N 17°17'40E. Leží mezi lokalitami A a všemi ostatními lokalitami po levé straně hlavní komunikace ve směru Bzenec – Strážnice. Jedná se o borovou monokulturu v mýtní těžbě, která prošla již několika výchovnými zásahy a v současnosti se zde provádí nahodilá výběrová těžba jednotlivých stromů. Stromy mohou dosahovat výšky okolo 20 metrů. Kmeny dosahují v prsní výšce minimálně obvodu 90 cm a jednotlivé paty kmenů jsou od sebe vzdáleny okolo 7 metrů. Vzhledem k tomu, že porosty borovic v takovém věku mívají korunu řidší a vysoko umístěnou, světelné podmínky jsou zde lepší než na předešlém biotopu, kde větve vyrážely již od poloviny kmene. Pokryvnost korunové plochy vzhledem k podkladu činí 70%. V tomto porostu se nevyskytuje téměř žádný podrost kromě řídce rozmístěných trav a hojných mechů. Vrstva opadu je místy více než 5 cm. To výrazně znesnadňuje vysychání. Podobně jako na předchozím biotopu, i zde byl očekáván výskyt druhů spíše obecných, bez úzkých nároků na kvalitu stanoviště.

Půda je na všech záchytných plochách písčitá, velmi kyprá a propustná, pouze na biotopu D a E s větší příměsí organické hmoty z opadlého jehličí, větví popř. zbytků po těžbě ležících na povrchu.

### **3.4: Metodika odběru vzorků**

K odběru vzorků byla použita metoda padacích zemních pastí (Greenslade 1964 a další). Stejná metoda byla užita při záchytu vzorků na obdobných biotopech i v minulých letech. Proto je popis této metodiky částečně převzat z bakalářské práce (Hajdaj 2008).

Padací pasti byly tvořeny litrovými polyethylenovými láhvemi s uřezaným hrdlem, které byly zakopány do země tak, aby okolní terén byl zarovnan s horním okrajem láhve.



Do láhve bylo dále vloženo předem uřezané hrdlo láhve, které tvořilo trychtýř usnadňující sklouznutí hmyzu. Hrdlo bylo nasazeno do plastového kelímku (objem 250 ml). Ten musel přesně zapadat do otočeného hrdla láhve, aby nevznikla mezera mezi hrdlem a kelímkem. Kelímkem usnadňoval manipulaci při vybírání pastí a nebylo třeba takové množství zásobního roztoku ke konzervaci hmyzu. Pasti byly opatřeny čtyřhrannou plastovou stříškou tmavé barvy. Stříška držela v substrátu pomocí čtyř hřebíků, vždy jeden v každém rohu. Účelem stříšky bylo chránit past před deštěm, mechanickým poškozením, písečným prachem, spadeným jehličím a jinými nečistotami, které vítr pravidelně hlavně na otevřené ploše odnášel.

Kelímky byly zhruba do 1/3 naplněny koncentrovaným vodným roztokem kuchyňské soli (NaCl) (Hajdaj 2004, 2008), do nějž bylo přidáno několik kapek nearomatizovaného detergentu např. jaru, který snižoval povrchové napětí, čímž znemožňoval menším druhům únik a urychloval utonutí. Hmyz v takovém roztoku vydrží delší dobu, nepoškodí se a je umožněna další manipulace a preparace, kterou použití např. formaldehydu znemožňuje.

Na jednotlivých studovaných plochách bylo umístěno vždy po 5 pastech. Celkově tedy na pěti odlišných biotopech 25 pastí. Pasti byly umístěny pokud možno lineárně a pokud to terénní dispozice umožnila, tak ve vzdálenosti do 5 metrů od sebe. Pasti jsem instaloval náhodně bez předešlého zkušební odchyty zhruba do středu zkoumaných ploch. Pasti byli nainstalovány od 29. III. 2009 do 11. X. 2009 a vybírány v dvou až třítydenních intervalech, podle počasí a množství zachycených jedinců v jednotlivých měsících. Pouze na začátku a konci výzkumu, kvůli nižším teplotám byla snížena aktivita hmyzu a pasti tak mohly být vybírány v delších časových intervalech. Materiál brouků byl odebrán vždy v jeden den, ve všech pastích na všech pokusných plochách. Po odebrání vzorků byla past podle potřeby vyčištěna, usazena do původní hloubky a doplněna konzervačním roztokem.

### **3.5: Zpracování a determinace materiálu**

Materiál nebyl vzhledem k malému počtu zachycených skupin členovců dále tříděn a k vědeckým účelům posloužili pouze brouci z čeledě Carabidae. Determinaci veškerého zachyceného druhového spektra jsem prováděl sám. U některých druhů jsem prováděl preparaci více jedinců, ale u každého druhu tak, aby alespoň jeden kus byl preparovaný jako dokladový exemplář. Zbytek byl determinovaný na druhovou úroveň bez preparace a

je uložen v mrazáku. Mrazený materiál lze kdykoli zpětně snadno preparovat a dále hodnotit a není tolik náchylný na mechanické poškození, jako materiál suchý (Hajdaj 2008). K determinaci jsem používal klíče Kulta (1947) a Hůrky (1996).

#### 4 Vyhodnocení nasbíraného materiálu

Jako první krok jsem zvolil jednotlivé druhy zařadit do tří základních skupin střevlíkovitých, dle šíře jejich ekologické valence a jejich vázanosti na biotop. Tato metoda využívá bioindikačních schopností střevlíkovitých (Carabidae) dle procentuálního zastoupení jednotlivých druhů v jedné ze tří skupin. Pokud máme k dispozici seznam druhů zjištěných při faunistickém průzkumu nejrůznějšími odběrovými metodami, můžeme tyto druhy zařadit do jednotlivých skupin a díky procentuálnímu podílu druhů v jednotlivých skupinách se můžeme pokusit odhadnout kvalitu a antropogenní ovlivněnost biotopů. Opakování průzkumu na vybraném biotopu, třeba i velké rozlohy po delším časovém období nám může díky změnám ve složení carabidocenózy a zastoupení jednotlivých druhů poodhalit změny, kterými stanoviště prochází.

Seznam se zařazením všech 526 druhů a poddruhů střevlíkovitých z ČR, sestavil Hůrka, Veselý & Farkač (1996). K jednotlivým druhům doplnili zmínění autoři hodnocení písmeny **R (reliktní)**, **A (adaptabilní)**, **E (eurytopní)**. Pro druhy u kterých není známo dostatečné množství informací z ČR, vycházeli autoři ze situace ze sousedních zemí. Zařazení je závislé i na geografickém a klimatickém charakteru území a výše zmínění autoři seznam aplikovali pro Českou republiku.

Celkově je možné říci, že biotopy velmi málo ovlivněné, původnímu stavu blízké vykazují vždy určité procento druhů reliktních, převahu druhů adaptabilních a velmi malé procento druhů eurytopních. Se zvyšujícím se stupněm degradace habitatu klesá zastoupení druhů reliktních třeba až k nule, klesá i procento druhů adaptabilních a přibývá výrazněji druhů eurytopních (Hůrka et al. 1996).

Výčet charakteristik jednotlivých skupin je uveden dle Hůrky et al. (1996). Jednotlivé ekologické skupiny jsou uváděny stejně jako v bakalářské práci (Hajdaj 2008).

##### **Skupina R (reliktní)**

Do skupiny reliktní patří druhy s nejužší ekologickou valencí, mající v současnosti velmi často charakter reliktních. Jedná se vesměs o vzácné a ohrožené druhy přirozených, nepříliš poškozených ekosystémů, jako jsou tyrfobionti, halobionti, psamofilní, lithofilní

a kavernikolní druhy, druhy sutí, skalních stepí a stepí, druhy vřesovišť, klimaxových lesů všech typů, pramenišť, bažin a močálů, přirozených břehů vod a druhy niv, dále druhy a arктоalpinním a boreomontánním rozšířením. Tato skupina zahrnuje v České republice 174 druhů a poddruhů, což je 33,1 % všech taxonů.

Řadíme zde kromě striktně reliktních a stenoektních druhů a takové druhy, jejichž těžišť výskytu je na víceméně nenarušených stanovištích v dosahu zachovalých, především xerothermích, lokalit. Tyto druhy nepronikají zpravidla do otevřené zemědělské krajiny mimo areály zachovalých přirozených lokalit. Do skupiny R řadíme i všechny druhy vymřelé, samotný fakt vymizení vypovídá o jejich zranitelnosti a neschopnosti adaptace na jiná stanoviště.

### **Skupina A (adaptabilní)**

K této skupině patří adaptabilnější druhy, osidlující více nebo méně přirozené, nebo přirozenému stavu blízké habitaty. Vyskytují se i na druhotných, dobře regenerovaných biotopech, zvláště v blízkosti původních ploch. Tato nejpočetnější skupina zahrnuje především typické druhy lesních porostů, i umělých, pobřežní druhy stojatých i tekoucích vod, druhy lučin, pastvin a jiných travních porostů typu paraklimaxů. Patří k ní 259 druhů a poddruhů uváděných z České republiky, což činí 49,2 % všech taxonů.

### **Skupina E (eurytopní)**

Tuto skupinu tvoří eurytopní druhy, které nemají často žádné zvláštní nároky na charakter a kvalitu prostředí, druhy nestabilních, měnících se habitatů, stejně jako druhy, které obývají silně antropogenně ovlivněnou, tedy poškozenou krajinu. Zahrnuje i expanzivní druhy, šířící se v současné době na těchto nestabilních habitatech a rozšiřující svůj areál, stejně jako expanzivní druhy, které v současné době ustupují, i nestálé migranty. Patří sem 93 druhů a poddruhů, což je 17,7 % druhů a poddruhů České republiky. Do skupiny E náleží, kromě naprosto nenáročných a přizpůsobivých druhů i druhy vázaná na určitá sukcesní stádia některých druhotných stanovišť: cihelen, hlinišť, lomů.

### **Index komunity střevlíkovitých**

Pro posouzení stavu zachovalosti stanovišť a antropogenních vlivů na kvalitu prostředí, třeba i v chráněných územích můžeme využít také **index komunity střevlíkovitých (IKS)**, který navrhl Nenadál (1997). Pro posouzení stupně deteriorizace stanovišť formuloval Boháč (1990) index společenství matematicky na drabčíkovitých broucích

(Staphylinidae), kde počet exemplářů ve společenství je zastoupen procentuálně. Index komunity střevlíkovitých (IKS) využívá rozdělení střevlíkovitých do jednotlivých ekologických skupin R (reliktní, A (adaptabilní), E (eurytopní) dle Hůrky et al. (1996) a matematický model Boháče (1990).

Na základě vztahu mezi hodnotou (IKS) a frekvencí druhu střevlíkovitých brouků je Nenadál (1997) dělí na antropofilní, antropoindiferentní a antropofobní. Pomocí IKS navrhuje celkem 5 stupňů antropogenního ovlivnění habitatů. 1. Velmi silně ovlivněné, 2. silně ovlivněné, 3. ovlivněné, 4. málo ovlivněné a 5. neovlivněné

Pomocí IKS lze rovněž hodnotit a srovnávat antropogenní zatížení jednotlivých stanovišť i větších krajinných celků. Tato metoda je rovněž vhodná pro opakovaný monitoring chráněných území, při kterém je možné zaznamenat vstupující antropogenní vlivy.

Vzorec:

$$IKS = 100 - (\sum E + 0,5 \cdot \sum A)$$

Kde: IKS je index komunity střevlíkovitých

E je součet procentuálního zastoupení počtu exemplářů eurytopních

A je součet procentuálního zastoupení počtu exemplářů adaptabilních

Hodnota indexu se může pohybovat od nuly (kde se ve společenstvu budou vyskytovat pouze druhy eurytopní) až po hodnotu 100 (kde se budou vyskytovat druhy pouze reliktní).

Následující tabulka uvádí jednotlivé stupně antropogenního ovlivnění habitatů podle IKS, (Nanadál 1997).

Stupeň	Hodnota IKS	Stav habitatu	Charakteristika habitatu
I.	0 - 15	velmi silně ovlivněný	velkoplošné pozemky agrocenóz bez ekotonového zázemí, rumišť, městské skládky, ostatní nestabilní biotopy
II.	10 – 35	silně ovlivněný	maloplošné pozemky agrocenóz s ekotonovým zázemím liniových formací, agrární terasy, meze a lesní okraje, louky, sady, pastviny

<b>III.</b>	30 – 50	<b>ovlivněný</b>	hospodářské lesy všech typů, lesoparky, přirozená luční společenstva, břehy stojatých a tekoucích vod
<b>IV.</b>	45 – 65	<b>málo ovlivněný</b>	polopřirozená až přirozená lesní společenstva hlavně v chráněných územích, horské lesy, subalpínské louky, břehy horských potoků, rašeliniště
<b>V.</b>	65 - 100	<b>neovlivněný</b>	klimaxové horské lesy, kosodřeviny, alpské trávníky a sutě, horská vrchoviště, okraje sněžných jam, břehy horských ples a horských potoků

### Dominance druhů

Pro ekologické vyhodnocení určeného materiálu bylo ze základních kvantitativních znaků použito dominance. Dominancí vyjadřujeme procentuální složení zoocenózy a je významným kvantitativním znakem zoocenózy. Hodnota dominance je ovlivněna počtem druhů tvořících zoocenózu. S rostoucím počtem druhů se relativně snižuje. U společenstev s velkým počtem druhů je dominance nejpočetnějších druhů relativně menší, než v druhově chudých zoocenózách (Losos et al. 1984).

Počet jedinců určitého druhu označujeme  $n$  a celkový počet zachycených jedinců  $s$ .

Vzorec pro výpočet dominance je tedy:

$$D = n / s \cdot 100$$

Nebo

$$D = n \cdot 100 / s$$

Výslednou dominanci uvádíme v procentech %.

Podle výsledné hodnoty se druh (případně čeleď) řadí do jedné z pěti tříd dominance.

<b>Třída dominance</b>	<b>Rozsah v %</b>
eudominantní druh	více než 10 %
dominantní druh	5 – 10 %
subdominantní druh	2 – 5 %
recedentní druh	1 – 2 %
subrecedentní druh	méně než 1 %

## **Analýza dat**

Pro statistické hodnocení dat bylo použito statistického programu CANOCO 4.5 for windows (Ter Braak & Šmilauer 1998). Tento program umožňuje pomocí mnohorozměrných analýz odhalit vztahy mezi nezávislými a závislými proměnnými následnou vizualizací ordinačních modelů. Umožňují projekci mnohorozměrných dat se snahou o co nejmenší informační ztráty. Ordinační analýzy se ukazují jako vhodné pro interpretaci vztahu střevlíkovitých (Carabidae) a jejich prostředí (Koivula et al. 2002, Finch 2007). Jako nezávislé proměnné figurovaly informace o stáří porostu. Jako závislé proměnné byly do analýzy zakomponované informace o početnosti druhů na jednotlivých biotopech. Pasti však byly exponovány v jednotlivých měsících různé časové období. Proto byly počty všech zachycených druhů vyděleny dobou expozice jednotlivých pastí a přepočítány na tzv. past'odny podle Kašáka (2009). V rámci statistického hodnocení byly do modelu zahrnuty všechny zjištěné druhy. Pro detekci dat jsem použil nepřímou ordinační techniku (Detrended correspondence analysis – DCA). Tato metoda pracuje pouze s druhovými daty (závislé proměnné). DCA technika umožňuje zjistit délku gradientu, kdy jeho hodnota je indikátor pro následné použití analýzy dat. Pomocí této techniky byl změřen nejdelší gradient druhových dat  $< 4$ . Na základě této hodnoty bylo užito přímé ordinační techniky CCA (canonical correspondence analysis). Odpovědi nejpočetněji zastoupených druhů na sledované proměnné na různých typech stanoviště byly vyneseny v generalizovaném lineárním modelu (General linear model) (dále v textu jen GLM). Do statistického zpracování byly zahrnuty všechny druhy.

## 5 Výsledky

Z tabulky č. 9.1 (viz příloha) vyplývá, že biotopy A (otevřená písčité plocha) a B (odtěžená plocha těsně po rekultivaci) osidluje největší množství druhů, a to v obou případech 9. Biotopy D (borová monokultura ve výšce 10 metrů) a E (monokultura ve mýtním věku) jsou s počtem 6-ti druhů taktéž vyrovnané. Druhově nejchudší byl biotop C (monokultura do 2,5 metrů výšky) s pouhými 4 druhy.

**Tab. č. 5.1:**

Přehled s počty zjištěných druhů a kusů střevlíkovitých (Carabidae) na jednotlivých lokalitách s procentuálním zastoupením v jednotlivých ekologických skupinách

Lokalita	Počet jedinců	R		A		E	
	Počet druhů	n	%	n	%	n	%
A	69	13	18,8	48	69,5	8	11,5
	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>22,2</b>	<b>4</b>	<b>44,4</b>	<b>3</b>	<b>33,3</b>
B	68	47	69,1	20	29,4	1	1,4
	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>33,3</b>	<b>5</b>	<b>55,5</b>	<b>1</b>	<b>11,1</b>
C	28	0	0	21	75	7	25
	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>50</b>	<b>2</b>	<b>50</b>
D	22	0	0	19	86,3	3	13,6
	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>66,7</b>	<b>2</b>	<b>33,3</b>
E	100	0	0	87	87	13	13
	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>16,6</b>	<b>5</b>	<b>83,3</b>

Vysvětlivky: R- druhy reliktní, A- druhy adaptabilní, E- druhy eurytopní, n- početnost

Z tabulky č. 9.2 (příloha) a 5.1 je možno vyvodit následující charakteristiky druhového spektra střevlíkovitých jednotlivých biotopů.

Na biotopech A a B téměř vyrovnaný počet druhů odpovídá relativně vysokému počtu jedinců. Na biotopu A jsou *Poecilus cupreus* a *Pseudoophonus rufipes* zastoupeni pouze jedním jedincem. Dále se zde vyskytují 2 druhy (to je 22,2 %) reliktní, u každého v několika kusech, takže je možné říci, že nálezy nebyly náhodné a populace těchto druhů zde budou stabilní. Jedinců druhu *Masoreus wetterhalli* se zachytilo 10 a patří tím k druhému nejpočetnějšímu druhu. Nejpočetnějším druhem je s 29 jedinci *Harpalus*

*smaragdinus* spadající do kategorie adaptabilní. Celkem je zde 44,4 % druhů adaptabilních a zbylých 33,3 % druhů eurytopních.

Počty jedinců jednotlivých druhů biotopu **B** jsou na dvě výjimky relativně vyrovnané. Zachycení jednoho kusu *Anisodactylus signatus* by bylo možné charakterizovat jako náhodný. Tento druh spadá do kategorie eurytopní. Naopak signifikantně nejvyšší počet jedinců reliktního druhu *Harpalus flavescens* na biotopu B signalizuje, že se tento extrémní biotop nachází v optimu jeho ekologických nároků. Ostatní druhy se zachytili v nevelkých počtech obvykle do pěti jedinců. Celkově zde však byly zachyceny tři druhy reliktní (to je 33,3 %) a tento počet je nejvyšší ze všech zkoumaných lokalit. Zastoupení eurytopních druhů z 11,11 % je naopak nejnižší ze všech zkoumaných lokalit.

Na biotopu **C** jsem zaznamenal nejmenší množství druhů (4), stejně jako i množství jedinců, které je velmi malé. Nevyskytuje se zde žádný z druhů reliktních a stejný počet druhů adaptabilních a eurytopních a to 50 a 50 %. Nejhojněji zde byl zastoupen adaptabilní druh *Calathus erratus* se 16 jedinci. U eurytopního druhu *Poecilus cupreus* se může jednat o náhodný odchyt. Druhým nejpočetněji zastoupeným druhem byl *Pseudoophonus rufipes* s 6 jedinci. Tento druh spadá do kategorie eurytopních druhů.

Na biotopu **D** nebyl zaznamenán žádný druh reliktní, 4 druhy adaptabilní (66,7 %) a 2 druhy eurytopní (33,3 %). Nejpočetněji zastoupen byl *Pterostichus niger* s 11 jedinci spadající do kategorie adaptabilní. Eurytopní *Pseudoophonus rufipes* se zachytil pouze v jednom jedinci, tudíž se nemusí stabilně vyskytovat na tomto biotopu. Množství ostatních jedinců ze zbylých druhů je relativně vyrovnané.

Biotop **E** byl charakterizován nejvyšším množstvím zachycených jedinců vůbec a to rovných 100 exemplářů. 87 jedinců však patřilo adaptabilnímu druhu *Carabus violaceus*. Počet druhů byl však stejný jako u biotopu D a to 6 druhů. Všechny 5 ostatních druhů spadalo do kategorie eurytopní a byly zde zastoupeny velmi malými abundancemi. Na tomto biotopu se nacházelo poměrně vysoké množství druhů eurytopních a to 83,3 %. Je to absolutně nejvyšší množství ze všech lokalit. Procentuální zastoupení druhů adaptabilních je 16,6 %, což je nejnižší zjištěná hodnota ze všech.



**Tab. č. 5.2:**

Hodnoty indexu komunity střevlíkovitých na jednotlivých lokalitách

Lokalita	Počet jedinců	R		A		E		IKS
	Počet druhů	n	%	n	%	n	%	%
<b>A</b>	69	13	18,8	48	69,5	8	11,5	<b>53,75</b>
	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>22,22</b>	<b>4</b>	<b>44,44</b>	<b>3</b>	<b>33,33</b>	
<b>B</b>	68	47	69,1	20	29,4	1	1,4	<b>83,9</b>
	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>33,33</b>	<b>5</b>	<b>55,55</b>	<b>1</b>	<b>11,11</b>	
<b>C</b>	28	0	0	21	75	7	25	<b>37,5</b>
	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>50</b>	<b>2</b>	<b>50</b>	
<b>D</b>	22	0	0	19	86,3	3	13,6	<b>43,25</b>
	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4</b>	<b>66,7</b>	<b>2</b>	<b>33,3</b>	
<b>E</b>	100	0	0	87	87	13	13	<b>43,5</b>
	<b>6</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>16,6</b>	<b>5</b>	<b>83,3</b>	

Vysvětlivky: R- reliktní, A- adaptabilní, E- eurytopní, IKS- index komunity střevlíkovitých

**Tab. č. 5.3:**

Přiřazení lokalit do jednotlivých skupin dle IKS (index komunity střevlíkovitých)

Lokalita	Zařazení habitatu
A- Bzenecká střelnice	málo ovlivněný
B- odtěžená plocha po rekultivaci	neovlivněný
C- borová monokultura 2,5 m.	ovlivněný
D- borová monokultura 10 m.	ovlivněný
E- monokultura v mýtním věku	ovlivněný

**Tab. č. 5.4:**

Tabulka se třídami dominance (TD) pro jednotlivé druhy střevlíkovitých na vybraných biotopech

Rod	Druh	Lokalita					
		A			B		
		n	D (%)	TD	n	D (%)	TD
<i>Amara</i>	<i>fulva</i>	5	7,24	DOM	4	5,88	DOM
<i>Anisodactylus</i>	<i>signatus</i>				1	1,47	REC
<i>Calathus</i>	<i>erratus</i>	8	11,59	EUD			
<i>Cicindela</i>	<i>hybrida</i>				2	2,94	SUB
<i>Cymindis</i>	<i>macularis</i>				3	4,41	SUB
<i>Harpalus</i>	<i>anxius</i>	3	4,34	SUB	5	7,35	DOM
	<i>autumnalis</i>	3	4,34	SUB			
	<i>flavescens</i>	3	4,34	SUB	40	58,82	EUD
	<i>serripes</i>				5	7,35	DOM
	<i>smaragdinus</i>	29	42,02	EUD	4	5,88	DOM
<i>Masoreus</i>	<i>wetterhalli</i>	10	14,49	EUD	4	5,88	DOM
<i>Poecilus</i>	<i>cupreus</i>	1	1,44	REC			
<i>Pseudoophonus</i>	<i>rufipes</i>	1	1,44	REC			
<i>Trechus</i>	<i>quadristriatus</i>	6	8,69	DOM			

**Tab. č. 5.5:**

Tabulka se třídami dominance (TD) pro jednotlivé druhy střevlíkovitých na vybraných biotopech

Rod	Druh	Lokalita					
		C			D		
		n	D (%)	TD	n	D (%)	TD
<i>Calathus</i>	<i>erratus</i>	16	57,14	EUD			
	<i>fuscipes</i>				2	9,09	EUD
<i>Carabus</i>	<i>violaceus</i>				4	18,18	EUD
	<i>hortensis</i>				2	9,09	EUD
<i>Harpalus</i>	<i>autumnalis</i>	5	17,85	EUD			
<i>Poecilus</i>	<i>cupreus</i>	1	3,5	SUB			
<i>Pseudoophonus</i>	<i>rufipes</i>	6	21,4	EUD	1	4,5	SUB
<i>Pterostichus</i>	<i>niger</i>				11	50	EUD
	<i>oblongopunc.</i>				2	9,09	EUD

**Tab. č. 5.6:**

Tabulka se třídami dominance (TD) pro jednotlivé druhy střevlíkovitých na vybraných biotopech

Rod	Druh	Lokalita		
		E		
		n	D (%)	TD
<i>Calathus</i>	<i>erratus</i>			
	<i>fuscipes</i>	2	2	REC
<i>Carabus</i>	<i>violaceus</i>	87	87	EUD
<i>Leistus</i>	<i>ferrugineus</i>	1	1	REC
<i>Poecilus</i>	<i>cupreus</i>	2	2	REC
<i>Pterostichus</i>	<i>melanarius</i>	5	5	SUB
	<i>niger</i>	3	3	SUB

Ve výše uvedených tabulkách č. 5.4. – 5.6. jsou zaznamenány hodnoty procentuálního zastoupení jednotlivých druhů a třídy dominance pro každé z nich.

Vysvětlivky: n- počet druhů, D- procentuální zastoupení druhu, TD- třída dominance, EUD- eudominantní, DOM- dominantní, SUB- subdominantní, REC- recedentní.

**Tab. č. 5.7:**

Výsledný přehled CCA modelu střevlíkovitých a vegetační typy

Osa	1	2	4	5
Vysvětlená variabilita:	0,968	0,693	0,564	0,421
Species-environment correlations:	0,993	0,930	0,906	0,835
Kumulativní procento vysvětlené variance				
v druhových datech:	10,4	17,7	22,4	26,8
ve vztahu druh. dat k proměnným prostředím:	36,6	62,8	84,1	100
Vysvětlená variabilita všemi osami:	9,289			
Vysvětlená variabilita kanonickými osami:	2,646			
Test významnosti I. kanonické osy:	F-ratio = 9,653		P-value = 0,0068	
Test významnosti všech kanonických os:	F-ratio = 8,264		P-value = 0,0068	

**Tab. č. 5.8:**

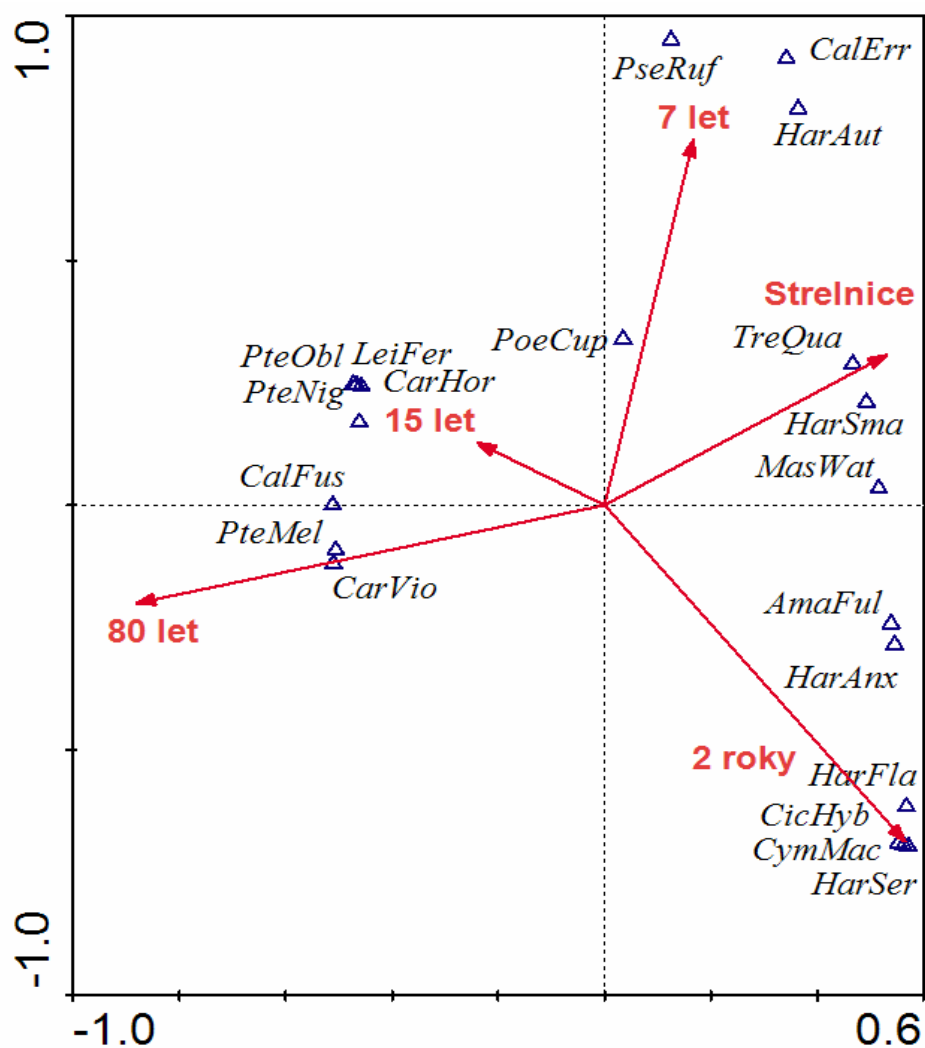
Významnost environmentálních faktorů v CCA modelu střevlíkovitých a vegetační typy (Monte-Carlo permutační test, 5000 permutací)

Faktor	P	F
bzenecká střelnice	0,005	6,08
porost 2 let	0,004	7,45
porost 15 let	0,006	7,06
porost 80 let	0,006	9,02

Struktura společenstva střevlíkovitých (Carabidae) byla hodnocena mnohorozměrnými statistickými analýzami. Účelem těchto analýz bylo studovat vliv stáří borové monokultury na početnosti druhů střevlíkovitých brouků. Testovaný CCA model byl průkazný pro první ( $p = 0,0068$ ,  $F = 9,653$ ) i všechny kanonické osy ( $p = 0,0068$ ,  $F = 8,264$ ) tab. č. 5.7. Model vysvětluje 26,5 % výsledné variability dat ( $p = 0,0064$ ;  $F = 9,02$ ). Testy většiny studovaných faktorů byly průkazné ( $p < 0,05$ ), kromě 7letého porostu (tab. č. 5.8). Tento porost je zřejmě do značné míry environmentálními faktory podobný 15letému porostu ( $p = 0,006$ ).

**Obr. č. 5.9:**

Vazby jednotlivých druhů na vegetační typy jsou patrné z ordinačního CCA modelu s vynesemím environmentálních faktorů a jednotlivých druhů



Testované faktory jsou reprezentovány věkovými typy jednotlivých porostů: „Střelnice“ – Přírodní památka Bzenecká střelnice, stepní biotop „2 roky“ – porost borové monokultury vysazený před 2 roky, „7 let“ – sedmiletý porost vysoký < 2,5 metru, „15 let“ – patnáctiletá borová monokultura ve výšce do 10 metrů, „80 let“ – borová monokultura v mýtním věku. Výše uvedené druhy jsou uvedeny akronymy: AmaFul – *Amara fulva*, CalFus – *Calathus fuscipes*, CalErr – *Calathus erratus*, CarVio – *Carabus violaceus*, CarHor – *Carabus hortensis*, CicHyb – *Cicindela hybrida*, CymMac – *Cymindis macularis*, HarAnx – *Harpalus anxius*, HarAut – *Harpalus autumnalis*, HarFla – *Harpalus flavescens*, HarSer – *Harpalus seripes*, HarSma – *Harpalus smaragdinus*, LeiFer – *Leistus ferrugineus*, MasWat – *Masoreus wetterhalli*, PoeCup – *Poecilus cupreus*, PseRuf – *Pseudoophonus rufipes*, PteMel – *Pterostichus melanarius*, PteNig – *Pterostichus niger*, PteObl – *Pterostichus oblongopunctatus*, TreQua – *Trechus quadristriatus*.

Prostřednictvím GLM modelu jsou znázorněny negativní odpovědi tří vybraných druhů s největšími abundancemi (*Carabus violaceus*, *Harpalus flavescens*, *Harpalus smaragdinus*) na vzrůstající stáří borové monokultury obr. viz přílohy.

## 6 Diskuse

Pro analýzu druhového spektra střevlíkovitých (Carabidae) bylo za sezonu 2009 na vybraných lokalitách v okolí města Bzenec odchyceno metodou zemních pastí celkem 287 jedinců ve 21 druzích. Na každém z pěti biotopů bylo instalováno 5 zemních pastí. Všechny eudominantní, dominantní, subdominantní a recedentní druhy mohou být zachyceny právě jen 5 pastmi a toto množství nemá negativní vliv na složení carabidocenóz (Stein 1965).

Největší druhová diverzita střevlíků byla zaznamenána na lokalitách A (otevřená písčité plocha) a B (obnažená plocha těsně po rekultivaci) a to shodných 9 druhů. Biotop C (borová monokultura do 2 metrů) byl druhově nejchudší a zachytili se pouze 4 druhy. Na biotopech D (borová monokultura do 10 metrů) a E (borová monokultura v mýtním věku) byl zaznamenán shodný počet 6-ti druhů. Smýcení lesních porostů a následné narušení půdní plochy silně ovlivňuje druhové složení vlivem změny abiotických a biotických parametrů (Niemelä et al. 2007).

Početní zastoupení druhů na písčitém stanovišti či přechodně mírně zastíněné ploše mladou výsadbou je signifikantně bohatší než zastíněné místa v borové monokultuře. Borová monokultura v tomto případě nepodporuje výskyt některých reliktních druhů, naopak druhy adaptabilní jí mají tendenci preferovat. V takových lesních biotopech se druhová diverzita relativně snižuje (Holec 2007). Na okraji lesa může naopak za jistých podmínek docházet k nárůstu abundance jedinců i početnosti druhů. Je však třeba počítat s častějším vbíháním střevlíkovitých do pastí z okolního otevřeného prostředí (Novák 1974).

Nejdůležitější faktory ovlivňující druhovou diverzitu jsou stáří porostu, neboť je velmi úzce spjata s pokryvností stromového patra společně s velkým množstvím opadu. Trvalé zastínění utváří poměrně neměnné vlhkostní a teplotní podmínky. Půda otevřených stanovišť je obvykle teplejší, než v lesním prostředí. Teplota ovlivňuje aktivitu a rychlost vývoje některých druhů. Vyšší teplota může způsobit vbíhání lesních druhů do okolních otevřených stanovišť. Tento jev popsal Honěk (1997) na příkladu kleče a horských plání, obecný princip je však možno aplikovat i na jiné lesní biotopy.

Na biotopu C se zachytilo 28 jedinců pouze ve 4 druzích. Tento biotop je možno brát jako ekoton sousedící s obnaženou čerstvě rekultivovanou plochou a na straně druhé vzrostlou borovou monokulturou. Byl zde zaznamenán i sporadický výskyt bylin a mechů

a celkově bylinný vegetační kryt tohoto biotopu byl nejvíce druhově bohatý. Spence et al. (1996) uvádí porosty s bylinným a keřovým podrostem, jako významné z hlediska výskytu střevlíkovitých brouků. Čím více je prostředí diverzifikované, tím více různorodých stanovištních habitatů a mikroklimatických podmínek poskytuje. I přes tyto fakta se tvrzení nepotvrdilo. Výsledek je též v rozporu s tvrzením, že ekoton má charakteristiky obou přilehlých habitatů a taková společenstva by měla být diverzifikovanější a druhově bohatší (Desender & Bosmans 1998).

Největší množství exemplářů se vyskytovalo na biotopu E (borová monokultura v mytním věku) a to rovných 100 kusů. To pozitivně nekoreluje s množstvím druhů, které zde byly zachyceny, protože celých 87 jedinců patřilo pouze jedinému druhu *Carabus violaceus*. Ten potom představuje celých 16,6 % druhů adaptabilních na tomto biotopu. Všech 5 ostatních druhů spadalo do kategorie eurytopní a byly zde zastoupeny velmi malými abundancemi a jejich populace zde zřejmě budou velmi malé. Vysoký počet jedinců druhu *Carabus violaceus* je možné vysvětlit zvýšeným výskytem plžů, coby potenciální potravou v tomto lesním prostředí (vlastní pozorování, 2007). Střevlíci jsou schopni se za potravou aktivně rychle přesouvat, pokud je denzita kořisti vyšší, než v okolí (Winder et al. 2006). S rostoucím množstvím plžů na tomto biotopu rovněž vzrůstalo procento jedinců, kteří padali do pastí. Při rozkladných procesech plžů v pastech se mohly uvolňovat atraktivní látky právě pro velké jedince rodu *Carabus*. Novák (1964) však poukazuje na fakt, že v pastech s rozkládajícím se kouskem masa byly úlovky střevlíkovitých menší, než v pastech bez návnady.

#### Ekologické hodnocení druhů

Po zařazení druhů do jednotlivých skupin a procentuálního zastoupení druhů v jednotlivých ekologických skupinách dle šíře jejich ekologické valence je možné konstatovat, že struktura společenstev je do značné míry ovlivněna stářím porostu (obr. 5.9). Pouze biotop PP Bzenecká střelnice a dvouletá výsadba borovice s minimální vegetační pokrývností jsou schopny podporovat dobře druhy reliktní. Na biotopu A byly zachyceny 2 reliktní druhy, což činí 22,2 %. Na biotopu B 3 reliktní druhy a tedy 33,3%. Tyto druhy se na žádném jiném biotopu nevyskytovaly a tudíž jsou s největší pravděpodobností vázány na tyto, do jisté míry extrémní stanoviště s minimálním vegetačním krytem. V prostoru těchto biotopů je z CCA schématu na obr. 5.9 patrný výskyt převážně úzce adaptovaných druhů na písčité a xerothermní stanoviště bez zastínění. Naopak v prostoru zbylých třech lesních biotopů se nevyskytují tyto druhy a

nahrazují je druhy adaptabilní až eurytopní s úzce nevyhraněnými nároky na kvalitu prostředí.

Velmi obdobných výsledků bylo dosaženo při výzkumu téměř totožných biotopů v okolí Bzence, kdy na písčité ploše a rozhraní písčiny a keřového pásma (ekoton) bylo zachyceno nejvíce druhů reliktních (Hajdaj 2008). Ekoton může sehrávat významnou roli jako útočiště před negativními vlivy (v tomto případě kácení, těžba písku, pohyb těžké techniky atd.) a střevlíkovití z něj mohou zpětně rekolonizovat své stabilnější biotopy (den Boer 1977). V případě bzeneckých písčin se však příkládám k názoru, že jako zdrojové plošky pro rekolonizaci reliktních a striktně psamofilních druhů slouží samotné písčité plochy, nikoli ekotony, neboť na ekotonovém stanovišti nebyl v rámci výzkumu takový druh zjištěn. Dle výsledků psamofilní druhy nesnáší i malé zastínění vegetací a je možné konstatovat, že v porostech s vegetačním pokryvem nad 20 % se jejich presence blíží nule. Těmto druhům také vyhovují biotopy s periodickým narušováním svrchní vrstvy půdy, kdy se zabraňuje bylinám a dřevinám nárostu ze semen a oddenků. Toto se nepravidelně ploškovitě provádí v areálu přírodní památky Bzenecké stělnice, tedy biotopu A a stejný fenomén probíhal především při těžbě písku před rekultivací na biotopu B, kde byl povrch neustále narušován nejenom těžbou, ale i těžkými dopravními prostředky. Tyto biotopy jsou tedy udržovány v primární sukcesní fázi a jakékoli vybočení z tohoto optima může mít veliký vliv na složení populace psamofilních reliktních druhů střevlíkovitých. Počáteční sukcesní stadia (v tomto případě mladý porost borovice lesní) by byla charakteristická expanzivními druhy fauny střevlíkovitých (i na vysušených místech) a druhy adaptabilními, ať už by to byly druhy žijící u vody či nikoliv. I když by index diverzity střevlíkovitých (viz dále) mohl být v této době vysoký, rozhodně by to neznamenal, že můžeme být se stavem prostředí spokojeni (Farkač 1994).

Společně s druhy reliktními si na těchto biotopech (A, B) musíme povšimnout druhů ostatních skupin. Vyskytovalo se zde poměrně vysoké procento druhů adaptabilních. Nízké procenta druhů eurytopních mohou znamenat, že se biotop nenachází v optimu jejich ekologických nároků (Hůrka 1996). I když takové druhy mohou kolonizovat bez užší vazby jakékoli biotopy (Uhlíková 2007), zřejmě xerothermní písčiny bez zastínění těmto druhům nevyhovují, neboť představují do jisté míry prostředí extrémní.

Biotop C již tvoří plynulý přechod mezi výskytem druhů adaptabilních a eurytopních a to poměrem přesně 1:1. Zvýšený podíl eurytopních druhů je dán charakteristikou biotopu, především, že se jedná o nepůvodní borovou monokulturu která obvykle nevykazuje



podporu reliktních druhů a pokryvností do 55 % což výrazně ovlivňuje vlhkostní půdní poměry a množství humusu (Svoboda 2001). Vlhkost stanoviště je důležitý atribut prostředí, který výrazně ovlivňuje distribuci jedinců a formuje společenstva střevlíkovitých (Evans 1983, Desender et al. 1984). Biotop je tak mnohem vhodnější pro kolonizaci jak eurytopních, tak adaptabilních druhů. Biotop D byl charakterizován nejvyšší vegetační pokryvností místy i 90 %. Zastoupení druhů adaptabilních činilo 66,7 %, což bylo překvapující, neboť byl předpokládán snižující se výskyt těchto druhů a naopak nárůst v zastoupení druhů eurytopních. Do úvahy však musíme vzít fakt, že zde bylo zachyceno pouze 6 druhů. To odpovídá všeobecnému tvrzení, že v lesních biotopech bývá zaznamenávána nižší druhová diverzita, než na otevřených plochách (Belford & Usher 1994). Nízké druhové zastoupení na tomto biotopu nám v takovém případě nakonec zvýší celkové procentuální zastoupení mnohem více, než v druhově relativně bohatých společenstvech (Uhlíková 2007). Adaptabilní druhy *Carabus hortensis* a *Pterostichus oblongopunctatus* se zachytili pouze v počtu dvou exemplářů. I když je jejich početnost malá a výskyt možná náhodný, po započítání do hodnocení výrazně ovlivní výsledek ve prospěch adaptabilních druhů. Biotop E již potvrzuje hypotézu, že nepřirozená borová monokultura negativně ovlivňuje společenstvo střevlíkovitých směrem k výskytu druhů obecných a zároveň často eurytopních. Těchto se zde zachytilo celých 83,3 % a druh adaptabilní pouze jeden. Druhově tento biotop nebyl zdaleka bohatý, avšak Magura (2002) předpokládá, že celková vrstva opadu přispívá ke zvětšení vertikální plochy pro život a tím pádem umožňuje i širší distribuci střevlíků, což zeslabuje konkurenci mezi nimi a umožňuje koexistenci více druhů.

Vzhledem ke světelným a půdním vlastnostem biotopu D a E by se dalo usoudit na výskyt minimálního počtu druhů otevřených stanovišť. Naopak by se mohly vyskytovat druhy vyžadující zastínění a druhy eurytopního charakteru. Na biotop D nebyla jasně prokazatelná vazba eurytopních druhů, avšak na biotopu E jasně převažovaly nad ostatními.

#### Index komunity střevlíkovitých

Po výpočtu indexu komunity střevlíkovitých (viz tab. 5.2 a 5.3) jsem došel k závěru, že pouze biotop A spadá do kategorie málo ovlivněných s indexem **53,75**. To obecně podporuje teorii Nenadála (1997), kdy do této skupiny biotopů řadí i společenstva v chráněných územích. Zařazení biotopu B do kategorie neovlivněných s indexem **83,9** je poměrně překvapující. I když se tento biotop nachází uprostřed intenzivně

obhospodařované lesní krajiny a na jeho menší obvodovou hranu přiléhá i mez napojená na pole, zachovává si dle řazení charakter klimaxových a vysokohorských biotopů. Tento biotop je naopak klimaxovému stavu velmi vzdálený a nachází se v ranných sukcesních stádiích. Po smýcení lesa probíhalo neustále obnažování povrchu a znemožnilo se tak vegetaci vytvořit souvislejší zápoj. Vlivem probíhajících sukcesních stádií na střevlíkovité především v lesních biotopech se zabývala řada autorů. Vývoj společenstva střevlíkovitých na smýcených lesních plochách při probíhající sukcesi až po obnovu lesa studovali např. Koivula et al. (2002) a Niemelä et al. (1993).

Uvedené faktory jako narušování svrchní vrstvy půdy a odstraňování vegetace jsou pravděpodobně nejdůležitější a umožnily dlouhodobé formování psamofilního společenstva střevlíkovitých včetně reliktních druhů. Zároveň se jedná o biotop značně extrémní a izolovaný. Nedaleko nově vzniklé zkoumané lokality se nachází několik obdobných písčitých ploch např. armádní střelnice, kde byl zjištěn výskyt psamofilních a reliktních druhů ve větších densitách (Hajdaj 2008). Tyto populace by mohly sloužit do budoucna jako zdrojové pro osidlování tohoto nově vzniklého habitatu, avšak vzhledem k izolovanosti a heterogenitě prostředí je možné očekávat slabé a nerovnoměrné rozmístění kolonizujících druhů (Niemelä et al. 2007).

Biotopy C až E patří do kategorie ovlivněných a jejich indexy nepřesahují hodnotu 45, což podporuje teorii Nenadála (1997), kdy řadí všechny hospodářské lesy a lesoparky do této kategorie.

Řazení druhů do jednotlivých ekologických skupin pro výpočet indexu komunity střevlíkovitých je však třeba používat s opatrností a druhy je třeba dokonale určit na úrovni druhu (Uhlíková 2007). Druhy ze skupiny eurytopní se mají tendenci vyskytovat na více typech biotopů, než druhy adaptabilní a reliktní, které se většinou na silně ovlivněných biotopech nevyskytují. To potvrdil i mnou prováděný výzkum. Proto by bylo vodné pro výpočet indexu komunity střevlíkovitých kalkulovat s druhy kategorie adaptabilních a reliktních a nikoli eurytopních (Uhlíková 2007).

#### Index dominance

Z hlediska dominance (viz tabulka 5.4 až 5.6) byly výskyty druhů porovnány s výzkumy na obdobných biotopech, především potom s výsledky bakalářské práce (Hajdaj 2008). Pro charakter umělých monokultur byla na biotopech C – E očekávána snížená druhová diverzita střevlíkovitých. Tento předpoklad se potvrdil. Na všech lesních biotopech docházelo ke snižování počtu druhů.

Největší abundanci na biotopu A měly tři druhy a spadaly do kategorie eudominantní. Jednalo se o *Calathus erratus* (11,59), *Masoreus wetherhalli* (14,49) a *Harpalus smaragdinus* (42,02). Především poslední dva uvedené druhy jsou vázány na přesypy, duny a obnažené písčité a xerothermní stanoviště (Hůrka 1996, Koch 1989). Negativní vliv věku, se kterým úzce souvisí i míra zápoje porostu na abundanci druhu *Harpalus smaragdinus* znázorňuje GLM model obr. 9:4. Dominantní druhy byly zachyceny dva a to *Amara fulva* (7,24) a *Trechus quadristriatus* (8,69). Druhy *Poecilus cupreus* a *Pseudoophonus rufipes* zde byly zastoupeni pouze jedním exemplářem. Tyto druhy spadají do skupiny eurytopní a pravděpodobně se u obou jedná o náhodný či okrajový výskyt, neboť tento biotop pro ně není charakteristický (Hůrka 1996, Hajdaj 2008). Holec (2007) však udává poměrně vysoké abundance druhů *P. cupreus* a *P. rufipes* na lesní mýtině a také rozhraní lesa a mýtiny (ekoton). Na biotopu B byl zachycen jeden druh spadající do kategorie eudominantní, a to *Harpalus flavescens* (58,82). Tento druh je vázán na xerothermní stanoviště s písčítým podkladem bez zastínění jako jsou pískovny a duny (Hůrka 1996, Koch 1989). Negativní vliv borového porostu na výskyt tohoto druhu znázorňuje GLM model obr. 9:2. Dále zde byly zachyceny 4 druhy dominantní. *Masoreus wetherhalli* (5,8), *Amara fulva* (5,8), *Harpalus smaragdinus* (5,8) a *Harpalus serripes* (7,35). Hůrka (1996) řadí druh *Harpalus smaragdinus* mezi druhy preferující otevřená stanoviště s písčítým podkladem. To se shoduje s výsledky, neboť na biotopu A i B byl tento druh zachycen. Na biotopu A byl dokonce nejpočetnější. Výsledky z let minulých však prokazují záchyt tohoto druhu i na ekotonových stanovištích na rozhraní lesa a písčiny (Hajdaj 2008). Výskyt druhu *H. flavescens* na obnažených písčitých biotopech A a především B pozitivně koreluje s mými minulými výsledky, kdy byl tento druh zachycen téměř vždy na písčínách ve velkých densitách.

Na biotopu C byly zachyceny 4 druhy eudominantní. *Harpalus autumnalis* (12,1), *Pseudoophonus rufipes* (14,63), *Pterostichus niger* (26,82) a *Calathus erratus* (39,02). Lindroth (1945) uvádí druh *P. rufipes* za eurytopní, vyskytující se především v polních kulturách a na loukách, což se neshoduje s výsledky, protože výskyt tohoto druhu je zde prokazatelně vázán na zastíněná stanoviště borové monokultury. Výskyt druhu *H. autumnalis* a *C. erratus* na mírně zastíněném biotopu C ale i písčíně (A) se shoduje s faktem, že v minulosti jsem tyto druhy zachytil jak na otevřené ploše, tak i na rozhraní lesa a písčiny (Hajdaj 2008). Hůrka (1996) uvádí druh *C. erratus* rovněž jako druh žijících v mírně zastíněných i nezastíněných biotopech.

Na biotopu D bylo zaznamenáno celkově 5 druhů eudominantních. *Pterostichus oblongopunctatus* (9,09), *Calathus fuscipes* (9,09), *Carabus hortensis* (9,09), *C. violaceus* (18,18) *Pterostichus niger* (50). Výskyty druhů *P. oblongopunctatus* a *C. violaceus* jasně převažovaly v lesním prostředí i při nedávném výzkumu na velmi podobném biotopu (Hajdaj 2008). Zvýšené výskyty druhu *P. oblongopunctatus* stejně jako výskyt druhu *P. niger* ve starém lesním porostu zaznamenal také Holec (2007). Nejvyšší abundance druhu *P. niger* však udává z lesní mýtiny a ekotonu. Tento fakt je v souladu s mým zjištěním, kdy tento druh řadím do kategorie eudominantní v porostu do 2m výšky. Tento porost by mohl představovat ekoton mezi lesem a odtěženou plochou.

Na biotopu E se zachytil jeden druh eudominantní, *Carabus violaceus* (87) a jeden druh na hranici dominantní/subdominantní, *Pterostichus melanarius* (5). Největší abundance tohoto druhu udává Holec (2007) na lesní mýtině, avšak i v ekotonu a starém lese zaznamenal nezanedbatelné procento tohoto druhu. Zvýšená abundance druhu *C. violaceus* v borové monokultuře mýtního věku se shodují s výsledky bakalářské práce (Hajdaj 2008). Závislost abundance tohoto druhu na stáří borové monokultury popisuje GLM model, obr. 9:3. Z modelu je patrné, že se stářím borové monokultury stoupá abundance tohoto druhu. Zvýšené denzity v nejstarší monokultuře by mohly být dány jeho lepší mobilitou v tomto prostředí bez bylinného patra. Riecken & Rath (1996) studovali u příbuzného druhu *Carabus coriaceus* mobilitu v lesním a nelesním prostředí. Zjistili, že v lesním prostředí urazí brouk za časovou jednotku větší vzdálenost, než v travnatém biotopu.

Vzhledem ke světelným a půdním vlastnostem biotopu D a E by se dalo usoudit na výskyt minimálního počtu druhů otevřených stanovišť. Naopak by se mohly vyskytovat druhy vyžadující zastínění a druhy eurytopního charakteru. Tato domněnka se v zásadě potvrdila. Pro charakter umělých monokultur zde byla očekávána i snížená druhová diverzita střevlíkovitých a i tento předpoklad se potvrdil. Na obou lesních biotopech D a E docházelo ke snižování počtu druhů. Na biotop D nebyla jasně prokazatelná vazba eurytopních druhů, avšak na biotopu E jasně převažovaly nad ostatními.

## 6.1 Diskuse k jednotlivým druhům

Vzhledem k faktu, že odběr vzorků probíhal na pěti dobře vyhraněných biotopech, veškeré rozdíly mezi různými zkoumanými plochami jsou velmi patrné na druhovém složení carabidocenózy. V diskusi se zaměřím především na všechny druhy reliktní a druhy adaptabilní zachycené v největších abundancích. Právě tyto druhy mají největší

váhu při posuzování stavu ovlivněnosti prostředí díky jejich užším vazbám a preferencím na biotop (Hůrka et al. 1996). Dále budou diskutovány i vybrané druhy eurytopní bez vyhraněných biotopových preferencí.

Bionomické údaje jsou převzaty, pokud není uvedeno jinak, z prací Hůrky (1992, 1996, 2005). Údaje o jednotlivých druzích se částečně shodují s údaji uvedenými v bakalářské práci (Hajdaj 2008).

## **Druhy skupiny reliktní (R)**

### **1. *Harpalus flavescens* (Piller & Mitterpacher, 1783)**

Byl zachycen na písčítých biotopech A a B. Zároveň byl druhem s největší abundancí na obnažené písčité ploše (biotop B). Hůrka (1992, 1996) a Koch (1989) ho rovněž řadí do skupiny druhů preferujících otevřená písčitá stanoviště. Koch (1989) uvádí tento druh jako eurytopní, psamofilní, žijící i na písčítých rudéralech přes den zahrabaný v substrátu. Jedná se o žlutě či rezavě zbarvený. Eurokavkazský makropterní druh rozšířený ve střední a východní Evropě až po Kavkaz. V Čechách ojedinělý až vzácný, na Moravě a SR vzácný, lokální, vázaný svým výskytem na suchá písčitá stanoviště nížin (písečné přesypy, pískovny).

### **2. *Cimindis macularis* Mannerheim in Fischer von Waldheim, 1824**

Byl zachycen pouze na biotopu B. Jedná se o brachypterní vzácně makropterní druh. V Čechách velmi vzácný a velmi lokální, na Moravě a v SR vzácný a lokální, ojedinělý na velmi suchých stanovištích s písčítým podkladem bez zastínění.

Tento druh je stenotopní výrazně psamofilní a xerofilní na vátých písčích a nížinných stepích (Koch 1989), což je v souladu s výsledky, neboť se tento druh podařilo zachytit pouze na nejsušším biotopu s minimálním vegetačním krytem.

### **3. *Masoreus wetterhalli* (Gyllenhal, 1813)**

Byl zachycen na biotopech A i B v poměrně vysokých počtech. Jedná se o makropterní, západopalearktický druh. V ČR a SR vzácný na suchých až velmi suchých stanovištích bez zastínění, jako jsou písečné duny a stepi, což se shoduje se záchyty tohoto druhu na obou xerotermních písečných biotopech. Koch (1989) udává druh jako stenotopní úzce psamofilní.

## **Druhy skupiny adaptabilní (A)**

### **1. *Cicindela hybrida* ssp. *hybrida* Linnaeus, 1758**

Druh zachycen pouze na písčitém biotopu (B). (Koch 1989) řadí druh do skupiny eurytopních psamofilních druhů, preferující osluněná otevřená stanoviště, písčité plochy a duny.

Je to dobře létající, denní Euroasijský druh, v současnosti pravděpodobně nejčastější nominotypický poddruh podčeledi. Vyskytuje se po celém našem území hojně, především na suchých písčitých stanovištích.

### **2. *Calathus erratus* ssp. *erratus* (C. R. Sahlberg, 1827)**

Druh zachycen celkově na třech biotopech. Nejvyšší abundanci vykazoval na biotopech B a lesním biotopu C. Koch (1989) však druh udává jako xerofilní preferující duny, suché louky a stepi, nikoli lesní společenstva. Výskyt na biotopu A je rovněž potvrzen, avšak v nízkých densitách. V ČR i SR nominotypický poddruh hojný v suchých, nezastíněných nebo polozastíněných habitatech: pole, lesy. Pahorkatiny až hory.

### **3. *Carabus violaceus* Linné, 1758**

Nejpočetnější druh v borové monokultuře v mýtním věku. Byl zaznamenán i na dalším biotopu, ale abundance byla vázána na prostředí se vzrostlejší porostem. Hůrka (1992, 1996) jej uvádí jako druh běžný po celém území, jak na otevřených stanovištích luk a polí, tak i v zahradách a lesích. Dle výsledků se suchým plochám bez zastínění zřejmě vyhýbá. (Koch 1989) řadí druh do skupiny eurytopní preferující prosvětlené lesní biotopy.

### **4. *Amara fulva* (O. F. Müller, 1776)**

Tento druh byl zachycen zhruba ve stejných počtech jak na biotopu po těžbě písku, tak i na PP Bzenecká střelnice. Je to makropterní palearktický druh rozšířený na východ po Bajkal, zavlečený do Severní Ameriky. Druh je v ČR a SR uváděn jako hojný na nezastíněných stanovištích s písčitým podkladem.

Psamofilní eurytopní druh žijící na písčitých stepích, dunách a přesypech (Koch 1989). I přes jeho presenci na obou písčitých biotopech se neprojevil jako druh hojný a jeho záchyt byl sporadický.

### **5. *Harpalus smaragdinus* (Duftschmid, 1812)**

Jedná se o druh barevně velmi variabilní od kovově lesklé u samců a matně hnědočerné u samic. Je makropterní, pozorován v letu. Jedná se o západopalearktický druh, v ČR a SR hojný na suchých až velmi suchých stanovištích bez zastínění: stepi, pole, zvláště na písčitých půdách od nížin do hor. Koch (1989) řadí druh do kategorie eurytopních a psamofilních, žijících na dunách a písčitých stepích. Udávaná bionomie se shoduje s výsledky, neboť tento druh padal do pastí na dvou xerothermních biotopech s minimálním vegetačním krytem.

### **6. *Harpalus autumnalis* (Duftschmid, 1812)**

Druh zachycen na otevřené ploše PP Bzenecká střelnice i v borové monokultuře do 2 m výšky. Tento druh může být brachypterní, makropterní ale vyskytuje se u něj též i redukce křídel. V ČR a SR hojný na velmi suchých až suchých nazastíněných stanovištích. Hůrka (1996) a Koch (1989) jej uvádí jako psamofilní druh písčin (váté i náplavové písky), stepi.

### **7. *Pterostichus niger* (Schaller, 1783)**

Druh zachycen v obou borových monokulturách E a D. Záchyty tohoto druhu ve dvou vzrostlých porostech je částečně v rozporu s jinými autory. Koch (1989) řadí druh do kategorie eurytopních přechodně lesních druhů. Makropterní, hygrofilní druh indiferentní k zastínění (Koch 1989), ale preferující lesní mýtiny a louky.

## **Druhy skupiny eurytopní (E)**

### **1. *Pseudoophonus rufipes* (De Geer, 1774)**

Byl zachycen celkem na třech biotopech, ale v největším počtu v borové monokultuře do 2 m výšky. Tím se výsledek odchyluje od jiných autorů, kteří řadí tento druh mezi druh ruderální či polní preferující nezastíněná stanoviště (Lindroth 1945, Thiele 1964, Koch 1989). Jedná se o palearktický druh, zavlečený do severní Ameriky. V ČR je obecný od nížin do hor. Tento druh vyhledává otevřenou krajinu a je běžně nalézán v polích a parcích. Lindroth (1945) a Koch (1989) označuje druh *P. rufipes* za eurytopní, vyskytující se především na suchých polích a loukách. Thiele (1964) jej označuje za stenoektní polní druh. Zhodnocení bionomie je podle Skuhřavého (1957) nejsložitější ze všech jím studovaných druhů. Tento druh má během roku dvě zřetelná maxima výskytu v

červnu a v srpnu. Imaturní jedinci jsou nalézáni často až v měsíci červnu. Je tedy podle autora zřejmé, že *P. rufipes* patří k druhům pozdně letním až podzimním.

## **2. *Poecilus cupreus* ssp. *cupreus* (Linnaeus, 1758)**

Druh zachycen jak na písčité ploše, tak i mladé borové monokultuře a porostu v mýtním věku. Výsledek se do jisté míry shoduje s konstatováním Langmaacka (2001). Autor řadí druh do společenstva střevlíků kolonizujících mladé, raně sukcesní lesní porosty.

Vyskytuje se od nížin do hor, spíše na polích, ruderálech, stepích a loukách. Dospělci byli často pozorováni při letu. Lindroth (1945) a Koch (1989) udává *P. cupreus* jako druh vlhkých luk, ruderálů a obdělávaných polí. To je částečně v rozporu s experimentální prací Thieleho (1964) na základě které považuje druh *P. cupreus* za stenoekní polní druh, který má vysoké nároky na teplotu prostředí a značné zastínění. Larsson (1939) udává tento druh jako jarní bez podzimní generace.

## **3. *Pterostichus oblongopunctatus* (Fabricius, 1787)**

Druh zachycen pouze v borové monokultuře ve výšce 10-ti metrů. Lindroth (1945) a Koch (1989) jej označuje za výslovně lesní druh. Častý v lesích s hustým porostem mechů. Hojný jak v listnatých, tak i v jehličnatých lesech, což odpovídá výsledkům.

Imaga preferují prostředí lesní s nižší světelnou intenzitou (Thiele 1964). Dle Nováka (1976) je v podmínkách lužního lesa tento druh aktivní za dne. Koch (1989) naopak druh řadí do skupiny xerofilní, vyhledávající suší prosvětlené lesy.

Patří do skupiny jarních druhů, u nichž přezimují imaga. Podobně jako u jiných druhů tohoto rodu mohou někdy přezimovat i larvy (Lindroth 1945).



## 7 Závěr

Předložená práce se zabývá komplexní analýzou druhového spektra střevlíkovitých brouků (Carabidae) na pěti odlišných biotopech Jižní Moravy nedaleko Bzence včetně unikátní PP Bzenecká střelnice. Výzkum probíhal po celou sezonu 2009 a zachycení materiálu bylo použito standardní metody zemních pastí.

Hlavními cíli práce bylo objasnit, jak vysazování nepůvodní borovice lesní (*Pinus sylvestris*) ovlivňuje společenstva střevlíkovitých a jaký význam má pro tyto společenstva těžba písku a vznik obnažených písčitých ploch. Vlastní výzkum přinesl i cenné údaje o bionomii a výskytu jednotlivých druhů na různých nížinných lesních i nelesních biotopech. Výsledky byly také porovnávány s jinými autory a s výsledky mé bakalářské práce, která se zabývá obdobnou problematikou na nedalekém unikátním biotopu. Součástí práce je rovněž ekologické hodnocení druhového spektra střevlíkovitých dle Hůrky et al. (1996) a stanovení indexu komunity střevlíkovitých k posuzování antropogenních vlivů na kvalitu přírodního prostředí (Nenadál 1998).

Za využití těchto charakteristik jsem se pokusil stanovit kvalitu a zachovalost jednotlivých biotopů a navázat tak na dlouholetou tradici v používání střevlíkovitých jako modelové skupiny pro posuzování stavu životního prostředí. Z výsledků a provedených analýz vyplývá, že borové monokultury negativně ovlivňují společenstva střevlíkovitých. Nejvýznamnější činitel formující druhové spektrum je stáří porostu. Věk monokultury úzce ovlivňuje míru vegetačního zápoje a jiné mikroklimatické charakteristiky. Interiér lesa je mnohem vlhčí, než okolní otevřená krajina a se stářím porostu vzrůstá množství humusu, který je schopen vlhkost pojímat. Již mladý borový porost a zápoj vegetace nad 20 % brání psamofilním a často zároveň reliktním druhům kolonizaci, neboť jsou vázány na trvale obnažené písčité plochy, což je patrné i z provedených CCA analýz. Reliktní druhy byly zachyceny pouze na dvou biotopech s minimálním vegetačním krytem. Tyto druhy se mají na rekultivované ploše borovicí tendenci již za několik let od vysazení nevyskytovat. Se stářím monokultury se postupně snižuje celková druhová diverzita a ubývá i druhů adaptabilních. V porostech mýtního věku výrazně převažují druhy eurytopní nad ostatními. Negativní vliv borové monokultury je patrný i přes nevelké rozlohy studovaných ploch. Naopak těžba písku a vznik obnažených ploch uprostřed lesů má pozitivní vliv na výskyt psamofilních reliktních druhů. Z dosavadního hodnocení je patrné, že se převážně u dvou biotopů otevřených písčitých ploch jedná o lokality zachovalé, přírodnímu stavu blízké. Nasvědčuje tomu i fakt, že se jedná o biotopy

podporující vzácné reliktní druhy s vysokým podílem druhů adaptabilních. Bylo by vhodné biotopy po těžbě písku i PP Bzenecká střelnice nadále monitorovat. V první řadě se také pokusit eliminovat rekultivaci v podobě borovice lesní. Ponecháním odtěžených ploch a písčitých biotopů primární sukcesi by se prodloužila doba výskytu úzce psamofilních druhů, vázaných na tyto společenstva. Výskyt psamofilních druhů na nově odlesněných a vytěžených plochách je navíc poměrně rychlá. O tento výstup by se mohla opírat nová ochranná opatření a umožnit tak zachovat jedinečné psamofilní společenstvo střevlíkovitých.

Na příkladu střevlíkovitých brouků je možné poukázat na fakt, že i přes prováděné zásahy na území PP Bzenecká střelnice v rámci plánu péče o toto území, není stav zdaleka uspokojivý a osud psamofilních druhů je zde ohrožen. Na izolované a menší nově vzniklé lokalitě po těžbě písku se podařilo zachytit více druhů reliktních i adaptabilních, než na ploše chráněné zákonem. Proto je možné se domnívat, že plán péče o toto chráněné území přesně nesplňuje svůj účel a nebo lokalita již pozbývá svůj původní charakter vátých písků.

## 8 Seznam použité literatury

- Absolon K. et al. (1994): *Metodika sběru dat pro biomonitring v chráněných územích*. ČÚOP, Praha, 70 pp.
- Ambrozek L. & Jongepier W. L. (1990): *Inventarizační průzkum CHPV Váté písky*. 6 pp. (nepublikovaný manuskript, depon in AOPK Hodonín).
- Barber H. (1931): Traps for cave - inhabiting insects. *J. Elischa Mitchel Sci. Soc.*, 46: 259-266.
- Bedford S.E. & Usher M.B. (1994): Distribution of arthropod species across the margins of farm woodlands. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 48: 295-305.
- Evans W.G. (1983): Habitat selection in the Carabidae. *The Coleopterists Bulletin*, 39: 164-167.
- Den Boer P. J. (1977): Dispersal power and survival of Carabids in a cultivated countryside. *Miscellaneous papers Landbouwhogeschool Wageningen*, 14: 1-192.
- Desender K. & Bosmans R. (1998): Ground beetles (Coleoptera, Carabidae) on set-aside fields in the Campine region and their importance for nature conservation in Flanders (Belgium). *Biodiversity and Conservation*, 7: 1485-1493.
- Desender K., Pollet M. & Segers R. (1984): Carabid beetle distribution along humidity-gradient in rivulet-associated grasslands. *Biologisch Jaarboek*, 58:64-75.
- Evinek V. T. & Chapin F. S. (2003): Functional matrix: A conceptual framework for predicting multiple plant effects on ecosystem processes. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systemati*, 34: 455-485.
- Farkač J. (1993): *Využití střevlíkovitých (Coleoptera: Carabidae) ke stanovení kvality prostředí horských a podhorských lesních ekosystémů*. Kandidátská disertační práce. Lesnická fakulta VŠZ, Praha, 63 pp.
- Farkač J. (1994): Využití střevlíkovitých v bioindikaci. *Vesmír*, 10: 581-583.
- Finch D.O. & Szumelda A. (2007): Introduction of Douglas fir (*Pseudotsuga menziesii* (Mirb.) Franco) into Western Europe: Epigeaeic arthropods in intermediate-aged pure stands in northwestern Germany. *Forest Ecology and Management*, 242: 260-272.
- Gonzales G., Seadtedt T.R. & Donato Z. (2003): Earthworms, arthropods and plant litter decomposition in aspen (*Populus tremuloides*) and lodgepole pine (*Pinus contorta*) forests in Colorado, USA. *Pedobiologia*, 47: 863-869.
- Greenslade P. J. M. (1964): Pitfall tramping as Method for studying populations of Carabidae (Coleoptera). *Journal of Animal Ecology*, 33: 301-310.

- Hajdaj P. (2004): *Biodiversita střevlíkovitých (Carabidae) v Ježovském lomu, zařazení druhů do tří základních skupin a srovnání s výzkumem prováděným v roce 1998*. SZŠaG, Staré Město. 40 pp. (nepublikovaný manuskript).
- Hajdaj P. (2008): *Druhová diverzita střevlíkovitých (Coleoptera: Carabidae) v oblasti bzenecké střelnice*. Species diversity of group beetles (Coleoptera: Carabidae) on shooting range near Bzenec. Bakalářská práce UP, Olomouc, 35 pp.
- Heliölä J., Koivula M. & Niemelä J. (2001): Distribution of carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) across boreal forest – clearcut ecotone. *Conservation Biology*, 15: 370-377.
- Heydemann B. (1955): Carabiden den Kulturfelder als ökologische Indikatoren. *Ber. 7. Wanderversamm Deutsch. Entomol. Berlin*, pp. 172-185.
- Holec (2007): Střevlíci (Coleoptera, Carabidae) a okrajový efekt v transektu: lužní les – mýtina. Diplomová práce UP Olomouc, 58 pp.
- Holopainen J. K. (1990): *Influence of ethylene glycol on the numbers of carabids and other soil arthropods caught in pitfall traps*. In: Stork N. E. (ed.): *The role of ground beetles in ecological and enviromental studies*. Intercept, London. pp. 339-341.
- Honěk A. (1997): The effect of temperature on the acitivity of Carabidae (Coleoptera) in a fallow field. *European Journal of Entomology*, 94: 97-104.
- Hůrka K. (1988): *Rozmnožování a vývoj střevlíkovitých (Coleoptera: Carabidae)*. Disertační práce PřF UK, Praha, 81 pp.
- Hůrka K. (1992): *Střevlíkovití (Carabidae) 1*. Academia, Praha, 196 pp.
- Hůrka K. (1996): *Carabidae České a Slovenské republiky. (Carabidae of the Czech and Slovak Republics)*. Kabourek Zlín, 565 pp.
- Hůrka K. (2005): *Brouci České a Slovenské republiky. (Beetles of the Czech and Slovak Republics)*. Kabourek Zlín, 390 pp.
- Hůrka K., Veselý, P. & Farkač J. (1996): Využití střevlíkovitých (Coleoptera, Carabidae) k indikaci kvality prostředí. (Die Nutzung der Laufkäfer (Coleoptera: Carabidae) zur Indikation der Umweltqualität.) *Klapalekiana*, 32: 15- 26.
- Chlupáč I., Brzobohatý R., Kovanda J. & Stráník Z. (2002): *Geologická minulost České republiky*. Academia Praha, 436 pp.
- Kašák J. (2009): Vliv alochtonní borovice kleče (*Pinus mugo*) na epigeické brouky (Coleoptera) v NPR Praděd (CHKO Jeseníky). Effect of allochtone dwarf pine (*Pinus mugo*) on epigeic beetles (Coleoptera) in national nature reserve Praded (protected landscape area Jeseníky). Diplomová práce UP, Olomouc, 38 pp.

- Koch K. (1989): *Die Käfer Mitteleuropas Ökologie*, Goecke & Evers Verlag, Krefeld, Band 1: 1-107.
- Koivula M., Kukkonen J. & Niemelä 2002: Boreal carabid-beetle (Coleoptera, Carabidae) assemblages along the clear-cut originated succession gradient. *Biodiversity and Conservation*, 11: 1269-1288.
- Kult K. (1947): Klíč k určování brouků čeledi Carabidae ČSR, *Ent. příručky č. 20, Čs. Spol. Entomol., Praha*, 198 pp.
- Kůrka A. (1982): Pavouci (Araneida) vrchu Stožec na Šumavě. *Acta Musei Nationalis Pragae*, 38 (1-2): 47-78.
- Langmaack M., Land S. & Büchs W. (2001): Effect of different field management systems on the carabid coenosis in oil seed rape with special respect to ecology and nutritional status of predacious *Poecilus cupreus* L. (Col., Carabidae). *J. Appl. Ent.*, 125: 313-320.
- Larsson S. G. (1939): Entwicklungstypen und Entwicklungszeiten der dänischen Carabiden. *Ent. Medd.*, 20: 277 – 544.
- Lindhort C. H. (1945): *Die Fennoskandischen Carabidae*, I. Kungl. Vetensk. Vitterh. Samh. Handl (Ser. B 4) 3, Allg. Teil., Goteborg, 911 pp.
- Losos B. (1984): *Ekologie živočichů*. SPN Praha, 316 pp.
- Löbl I. & Smetana A. (eds) (2003): *Catalogue of Palearctic Coleoptera. Volume 1. Archostomata – Myxophaga – Adephaga*. Stenstrup, Apollo Books, 819 pp.
- Magura T., Tóthmérész B. & Bordán Z. (2002): Carabids in an oak-hornbeam forest: testing the edge effect hypothesis. *Acta Biologica Debrecina*, 24: 55-72.
- Matějčíček T. (1999): *Změny ve využití krajiny spojené s těžbou štěrkopísků na vybrané části okresu Nymburk*. Bakalářská práce, katedra fyzické geografie a geoekologie PřF UK, Praha, 42 s. + 11 mapových příloh.
- Nenadál S. (1997): Využití indexu komunity střevlíkovitých (Coleoptera: Carabidae) pro posouzení antropogenních vlivů na kvalitu přírodního prostředí. *Vlastivědný sborník Vysočiny*, 13: 293 – 312.
- Niemelä J., Koivula & Kotze D. J. (2007): The effect of forestry on carabid Beetles (Coleoptera: Carabidae) in boreal forests. *Journal of Insect Conservation*. 11: 5-18.
- Novák B. (1964): Synekologická studie sezónního výskytu střevlíkovitých na řepných polích Hané (Coleoptera: Carabidae). *Acta Universitatis Palackianae Olomouensis, Fac. Rer. Nat.*, 13: 101-251.

- Novák B. (1974): K ekologii epigeické složky v polních zoocenózách Hané. *Acta Universitatis Palackianae Olomouensis, Fac. Rer. Nat.*, 47: 189-139.
- Novák B. (1975): Lesní mikroklíma a diurnální aktivita střevlíkovitých (Coleoptera: Carabidae). *Acta Universitatis Palackianae Olomouensis, Fac. Rer. Nat.*, 51: 103-139.
- Novák B. (1985): Roční dynamika obsahu kovů v imaginálních populacích druhu *Harpalus rufipes* (DeGeer) (Coleoptera: Carabidae). *Acta Universitatis Palackianae Olomouensis, Fac. Rer. Nat.*, 84: 185-198.
- Petruška F. (1969): K možnosti úniku jednotlivých složek epigeické fauny polí z formalinových zemních pastí (Coleoptera). *Acta Universitatis Palackianae Olomouensis, Fac. Rer. Nat.*, 31, Biol. 11: 99-124.
- Prunel L. & Míka P. (1996): Seznam obcí a jejich částí v České republice s čísly mapových polí pro síťové mapování fauny (List of settlements in the Czech Republic with associated map field codes for faunistic grid mapping system). *Klapalekiana*, 32: *Supplementum*, 115 pp.
- Quitt E. (1971): *Klimatické oblasti Československa*. *Studia Geographica* 16, GÚ ČSAV Brno, 73 pp.
- Quit E. (1975): *Mapa klimatických oblastí ČSR*, GÚ ČSAV Brno
- Rainio J. & Niemelä J. (2003): Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiversity and conservation*, 12 (3): 487-506.
- Riecken U. & Raths U. (1996): Use radio telemetry for studying dispersal and habitat use of *Carabus coriaceus* L. *Annales Zoologici Fennici*. 33: 109-116.
- Skuhřavý V. (1957): Metoda zemních pastí / rozbor a zhodnocení metody na základě studia střevlíkovitých. *Časopis České společnosti entomologické*. 54: 27-40.
- Spence J. R., Langor D. W., Niemelä J., Cárcamo H. A. & Currie C. R. (1996): Northern forestry and carabids: the case for concern about old-growth species. *Ann. Zool. Fennici*, 33: 173-184.
- Stein W. (1965): Die Zusammensetzung der Carabidenfauna einer Wiese stark wechselnden Feuchtigkeitsverhältnissen. *Z. Morphol. Oekol. Tiere*, 55: 83-99.
- 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.
- Švehlík R. (2002): Větrná eroze na jihovýchodní Moravě v obrazech. *Sborník Přírodovědného klubu v Uherském Hradišti, Supplementum* 8, 80 pp.

- Ter Braak C. J. F. & Šmilauer P. 1998: *CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows. Software for Canonical Community Ordination (version 4)*. Centre for Biometry Wageningen (Wageningen, NL) and Microcomputer Power (Ithaca NY, USA).
- Thiele H. U. (1964): Experimentelle Untersuchungen über die Ursachen der Biotopbindung bei Carabiden. *Z. Morph. Ökol. Tiere*, 53: 387 – 452.
- Thiele H. U. (1977): *Carabid beetles in their environments*. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg, New York.
- Winder L., Alexander J.C., Holland J.M., Symondson W.O.C., Perry N.J. & Wooley CH. (2006): Predatory activity and spatial pattern: the response of generalist carabids to their aphid prey. *Journal of Animal Ecology*, 77: 443-454.

## 9. Přílohy

**Tab. č. 9.1:**

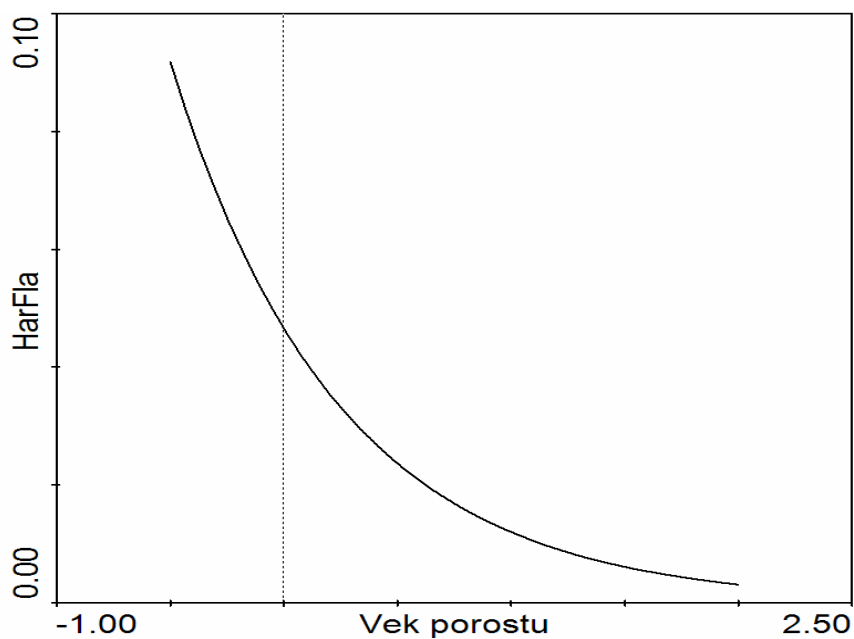
Přehled zjištěných druhů střevlíkovitých (Carabidae) na jednotlivých lokalitách se zařazením do jednotlivých ekologických skupin A-E dle Húrky a kol. (1996)

Rod	Druh	Lokality					Skupina
		A	B	C	D	E	
<i>Amara</i>	<i>fulva</i>	+	+				A
<i>Anisodactylus</i>	<i>signatus</i>		+				E
<i>Calathus</i>	<i>erratus</i>			+			A
	<i>fuscipes</i>				+	+	E
<i>Carabus</i>	<i>violaceus</i>				+	+	A
	<i>hortensis</i>				+		A
<i>Cicindela</i>	<i>hybrida</i>		+				A
<i>Cymindis</i>	<i>macularis</i>		+				R
<i>Harpalus</i>	<i>anxius</i>	+	+				A
	<i>autumnalis</i>	+		+			A
	<i>flavescens</i>	+	+				R
	<i>serripes</i>		+				A
	<i>smaragdinus</i>	+	+				A
<i>Leistus</i>	<i>ferrugineus</i>					+	E
<i>Masoreus</i>	<i>wetterhalli</i>	+	+				R
<i>Poecilus</i>	<i>cupreus</i>	+		+		+	E
<i>Pseudoophonus</i>	<i>rufipes</i>	+		+	+		E
<i>Pterostichus</i>	<i>melanarius</i>					+	E
	<i>niger</i>				+	+	A
	<i>oblongopunctatus</i>				+		A
<i>Trechus</i>	<i>quadristriatus</i>	+					E
<b>Celkem</b>		<b>9</b>	<b>9</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	



**Obr. 9.2:**

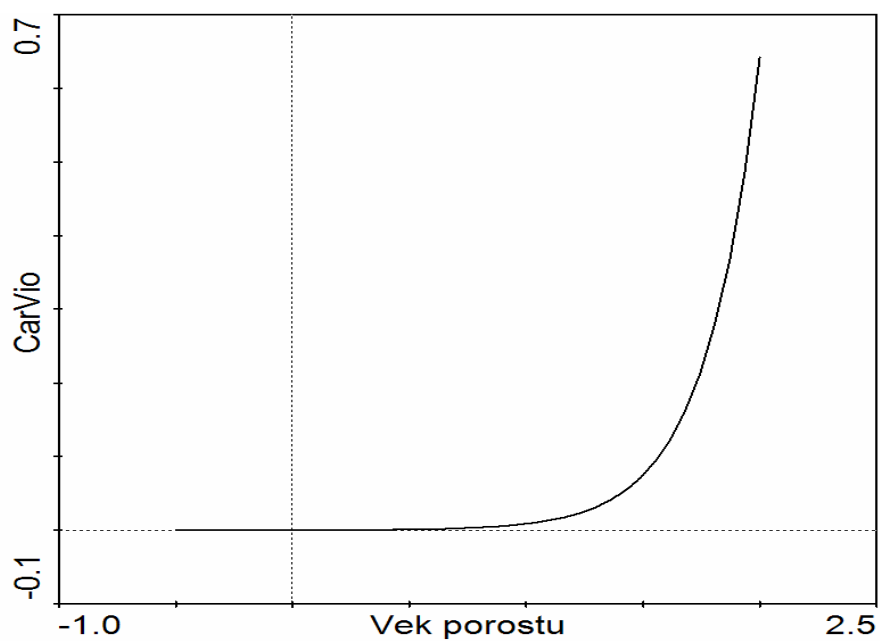
GLM model s vynesením početnosti druhu a věku borové monokultury



Vynesený druh je uveden akronymem: HarFla – *Harpalus flavescens* ( $p = 0,004$ ,  $F = 8,53$ ,  $n = 43$ )

**Obr. 9.3:**

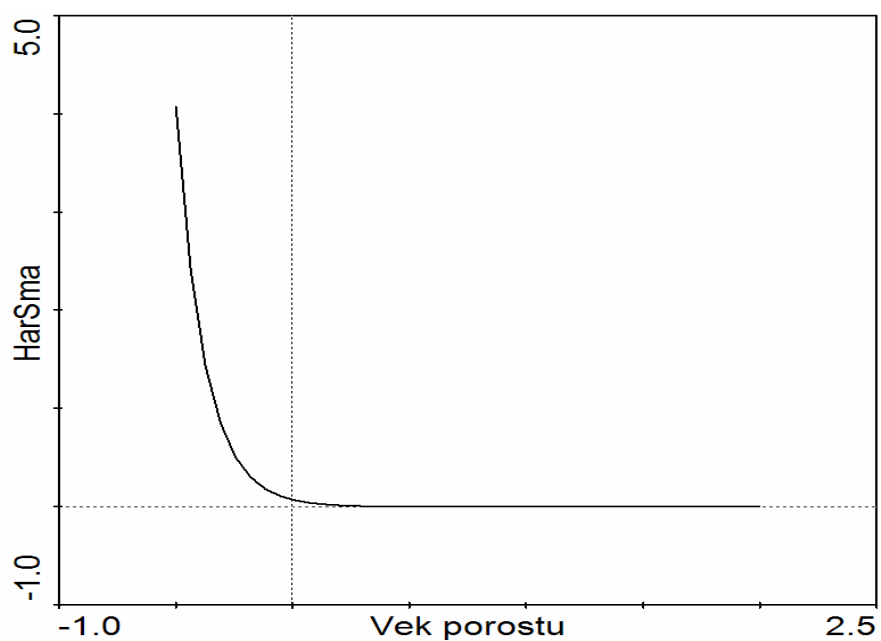
GLM model s vynesením početnosti druhu a věku borové monokultury



Vynesený druh je uveden akronymem: CarVio – *Carabus violaceus* ( $p < 0,001$ ,  $F = 121,52$ ,  $n = 91$ )

**Obr. 9.4:**

GLM model s vynesním početnosti druhu a věku borové monokultury



Vynesený druh je uveden akronymem: HarSma – *Harpalus smaragdinus* ( $p < 0,001$ ,  $F = 59,26$ ,  $n = 33$ ).

**Tab. č. 9.5:**

Přehled druhů s uvedenými počty jedinců na jednotlivých biotopech

Rod	Druh	Lokality s počty jedinců				
		A	B	C	D	E
<i>Amara</i>	<i>fulva</i>	5	4			
<i>Anisodactylus</i>	<i>signatus</i>		1			
<i>Calathus</i>	<i>erratus</i>	8		16		
	<i>fuscipes</i>				2	2
<i>Carabus</i>	<i>violaceus</i>				4	87
	<i>hortensis</i>				2	
<i>Cicindela</i>	<i>hybrida</i>		2			
<i>Cymindis</i>	<i>macularis</i>		3			
<i>Harpalus</i>	<i>anxius</i>	3	5			
	<i>autumnalis</i>	3		5		
	<i>flavescens</i>	3	40			
	<i>serripes</i>		5			
	<i>smaragdinus</i>	29	4			
<i>Leistus</i>	<i>ferrugineus</i>					1
<i>Masoreus</i>	<i>wetterhalli</i>	10	4			
<i>Poecilus</i>	<i>cupreus</i>	1		1		2
<i>Pseudoophonus</i>	<i>rufipes</i>	1		6	1	
<i>Pterostichus</i>	<i>melanarius</i>					5
	<i>niger</i>				11	3
	<i>oblongopunctatus</i>				2	
<i>Trechus</i>	<i>quadristriatus</i>	6				
<b>Celkem</b>		69	68	28	22	100

**Obr. 9.6:**

Detailní pohled na lokalitu A – (PP Bzenecká stělnice)



**Obr. 9.7:**

Detailní pohled na lokalitu B – (odtěžená a čerstvě rekultivovaná plocha)



**Obr. 9.8:**

Detailní pohled na lokalitu C – (2metrová borová monokultura, 7 let)



**Obr. 9.9:**

Detailní pohled na lokalitu D – (monokultura do výšky 10 metrů, 15 let)



**Obr. 9.10:**

Detailní pohled na lokalitu E – (borová monokultura v mýtním věku, 80 let)

