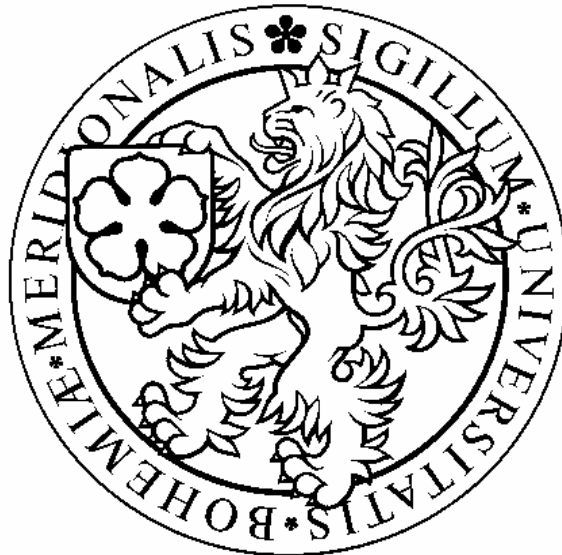


JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH

Přírodovědecká fakulta

Katedra zoologie



Pavel Pokluda

**Sezonalita a biotopové preference
střevlíka *Carabus hungaricus* v
NPR Pouzdřanská step – Kolby**

Bakalářská práce

2008

Školitel: Mgr. Lukáš Čížek, Ph.D.

Pokluda, P., 2008: Sezonality a biotopové preference střevlíka *Carabus hungaricus* v NPR Pouzdřanská step – Kolby. [Seasonality and habitat preferences of the ground beetle *Carabus hungaricus* in the Pouzdřanská step – Kolby Natural Reserve. Bc. Thesis, in Czech.] – 40 p., Faculty of Science, The University of South Bohemia, České Budějovice, Czech Republic.

Annotation

The thesis presents results of mark-recapture study of the ground beetle *Carabus hungaricus* in the Pouzdřanská step – Kolby Natural Reserve. This work provides detailed description of seasonality and habitat preferences of the endangered ground beetle species.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto práci vypracoval samostatně, pouze s použitím citované literatury a za odborného vedení Mgr. Lukáše Čížka, Ph.D.

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své bakalářské práce, a to v nezkrácené podobě, elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách.

V Českých Budějovicích, 30. dubna 2008

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat svému školiteli za pomoc, cenné rady a trpělivost. Dále děkuji Martinu Konvičkovi za hodnotné připomínky a pomoc při statistickém zpracování dat. Petru Šmilauerovi a Pavlu Kepkovi vděčím za pomoc s vyhodnocením dat v programu R. Velký dík patří Davidu Hauckovi, který se zásadně podílel na terénní práci a zajistil významnou část dat. Dále vděčím Jozefu Dovalovi za obstarání botanických dat. Nemohu opomenout poděkovat rodině Dočekalových, která mi poskytla ubytování. Práce byla podpořena Agenturou ochrany přírody a krajiny v rámci monitoringu evropsky významných druhů.

Abstract

The thesis presents results of mark-recapture study of the ground beetle *Carabus hungaricus* in the Pouzdřanská step – Kolby Natural Reserve. This work is focused on description of seasonality and habitat preferences of the endangered ground beetle species. Breeding occurs in August – October. Larvae overwinter along with adults. Aestivation takes place after adults of new generation emerge in May – July. The lifespan of an adult is longer than two years. *C. hungaricus* prefers tall-grass patches with thick litter layer and is abundant on strongly eutrophicated secondary biotopes. Although its abundance is positively correlated with moisture, the species avoid forest and wooded habitats. Males prefer more humid sites than females. Unmown sections are preferred to the mown ones.

OBSAH

1. Úvod.....	6
2. Metodika.....	7
2.1 Charakteristika lokality.....	7
2.2 Odchyt a značení střevlíků.....	7
2.3 Sledované proměnné.....	8
2.4 Vliv kosení na abundanci střevlíka.....	9
2.5 Analýza dat.....	9
2.5.1 Biotopové preference.....	9
2.5.2 Rozdíly mezi biotopovými preferencemi samců a samic.....	11
2.5.3 Vliv kosení na abundanci střevlíka.....	11
3. Výsledky.....	12
3.1 Sezonalita.....	12
3.2 Biotopové preference.....	13
3.3 Rozdíly mezi biotopovými preferencemi samců a samic.....	14
3.4 Vliv kosení na abundanci střevlíka.....	14
4. Diskuse.....	14
4.1 Sezonalita.....	14
4.2 Biotopové preference.....	16
4.3 Rozdíly mezi biotopovými preferencemi samců a samic.....	17
4.4 Vliv kosení na abundanci střevlíka.....	18
5. Závěr.....	19
6. Literatura.....	20
7. Příloha.....	24

1. ÚVOD

Střevlík *Carabus hungaricus* (Fabricius, 1792) (Coleoptera: Carabidae) patří mezi kriticky ohrožené druhy podle Přílohy III, Vyhlášky Ministerstva životního prostředí České republiky č. 395/1992 Sb. V nejnovějším českém červeném seznamu je uveden v kategorii zranitelný (Farkač *et al.*, 2005). Jako druh živočicha v zájmu společenství, jehož ochrana vyžaduje vyhlášení zvláštních oblastí ochrany, je zařazen do soustavy NATURA 2000.

Rozšíření druhu zaujímá poměrně široký eurosibiřský areál od České republiky a Rakouska až po Dálný Východ (Jakutsk). Nominotypický poddruh obývá Panonskou biogeografickou oblast (ČR, Slovensko, Rakousko, Maďarsko, Rumunsko a Srbsko) a Bulharsko (Bérceš *et al.*, 2007). Těžištěm výskytu je Maďarsko. Moravské populace a rakouské populace z okolí Vídně bývají někdy označovány jako samostatný poddruh *C. hungaricus viennensis*. Jeho taxonomické postavení je však považováno za velmi sporné (Turin *et al.*, 2003).

V České republice zaznamenal druh během minulého století velký úbytek. Do padesátých let dvacátého století se vyskytoval v širokém okolí Prostějova a na řadě lokalit jižně od Brna (Kubáň *et al.*, 2006). Recentní výskyt je doložen ze dvou lokalit: Pouzdřanské stepi a okolí a Pavlovských vrchů (Děvín, Stolová hora).

Bionomie a fenologie druhu byla donedávna téměř neznámá. Většinou je pouze konstatováno, že *C. hungaricus* je teplomilný a stepní druh (Thiele, 1977; Hůrka, 1996; Guéorguiev *et al.*, 1997). Existují pouze základní či neúplné informace o vývojovém stadiu larvy (Hůrka, 1971; 1973) a zimní diapauze larvy (Hůrka, 1973; 1976). Informace o průběhu sezónní aktivity dospělců přináší Kutasi *et al.* (2006), jsou však založené na velmi nízkém počtu pozorování (n=90) a sledované období pokrývá pouze 5 měsíců. V nížinách se vyskytuje ve stepích a trávnicích s písčitém podložím (kyselé či zásadité reakce), nebo na spraši (Bérceš *et al.*, 2007). Obývá také vápencové a sprašové stepi na kopcích a náhorních plošinách do výšky 600 m n. m.

Nedostatečné znalosti biologie a biotopových preferencí střevlíka *C. hungaricus* neumožňovaly cílenou a účinnou ochranu tohoto druhu ani zhodnocení jeho vyhlídek v rámci ČR. Z toho důvodu vzniká předložená práce. Za cíle si klade tyto úkoly:

- 1) popsat průběh aktivity imag během roku
- 2) určit období rozmnožování, výskytu larev, kukel a líhnutí dospělců
- 3) zjistit délku života imag v přirozeném prostředí
- 4) popsat biotopové preference druhu s ohledem na vegetaci a abiotické faktory

5) stanovit vliv kosení stepi na početnost *C. hungaricus*

2. METODIKA

2.1 Charakteristika lokality

Výzkum probíhal na území Národní přírodní rezervace Pouzdřanská step – Kolby (48°56'23" – 48°57'23"N, 16°38'00" – 16°38'47"E) a v jejím bezprostředním okolí. Území spadá do Panonské biogeografické oblasti. Celá rozloha NPR je 180,8 ha, z toho step zaujímá 45,7 ha. Nadmořská výška studovaného území je 172 – 302 m n. m. Geologický podklad tvoří vápnitě jíly a pískovce místy překryté sprašemi. Lokalita je vhodná ke studiu biotopových preferencí vzhledem k velmi širokému spektru biotopů a terénní členitosti. Probíhá zde severní hranice současného rozšíření *C. hungaricus hungaricus*.

2.2 Odchyt a značení střevlíků

Střevlík *C. hungaricus* byl studován metodou mark-release-recapture. Jedinci byli individuálně značeni pomocí zářezů na vnějších hranách krovek a štítu (Foto 1). Zářezy byly vybrušovány modelářskou frézku napájenou 12V akumulátorem. Číslo byla kódována tak, že zářez u báze krovky znamenal číslo 1, před středem číslo 2, za středem 4 a na konci krovky 7. Pomocí kombinací těchto zářezů na vnější hraně jedné krovky lze získat jakékoli jednociferné číslo. Zářezy na levé krovce kódovaly jednotky, na pravé desítky; zářezy na levé hraně štítu kódovaly stovky a na pravé hraně štítu tisíce.

K odchytu střevlíků byly použity zemní pasti s návnadou (pivo). Past tvořily tři do sebe zasunuté plastové kelímky (Obrázek 11, Foto 2). První o objemu 0,5 l byl trvale zakopán a bránil zasypání otvoru pro past při kontrole pastí a výměně návnady. Ve druhém, stejném kelímku, který byl zasunut do prvního, byla návnada. Třetí kelímek menšího objemu (0,3 l) sloužil k zachycení brouků. Tento byl po stranách jemně perforován, aby se pach návnady mohl šířit. Nad pastí byla pomocí špejlí připevněna plastová stříška jako ochrana před deštěm (Foto 3). Brouci byli z pastí vybírání a návnada měněna za čerstvou každých 3–5 dní. Střevlíci byli vypouštěni poblíž pasti, ne však v její bezprostřední blízkosti (vzdálenost cca 2 m).

Pasti byly rozmístěny v nepravidelných vzdálenostech (minimum 5 m) na linii dlouhé cca 3,5 km tak, aby pokrývaly širokou škálu biotopů od pole, přes vinici, úhor, krátkostébelnou až dlouhostébelnou step, křovinatou step a lesostep až po sad a les (Foto 4).

Odchyty probíhaly v letech 2006 – 2007. V roce 2006 bylo aktivováno 189 pastí od 26. – 30. března, kdy roztál sníh, až do 6. listopadu, kdy sníh opět napadl, tedy po celou dobu aktivity imag *C. hungaricus*. Dalších 104 pastí bylo aktivováno v období 21.8. – 1.10.2006, tj. na dobu maximální aktivity imag, ve vinohradu a dvou stepních enklávách (Foto 4). V roce 2007 bylo z původních 189 pastí ponecháno 125 (ty, ve kterých bylo v roce 2006 chyceno nejvíc jedinců) a bylo zakopáno 46 pastí nových. Aktivní byly v období 30.4. – 1.11.2007. Pravděpodobně tak nebyl zachycen počátek aktivity v dubnu 2007. V roce 2006 bylo provedeno 45 kontrol, následující rok 33.

2.3 Sledované proměnné

Každý chycený střevlík byl označen a bylo zaznamenáno jeho pohlaví, velikost (mm), míra poškození (chybějící části těla), míra obroušení kusadel (ostrá, mírně obroušená a silně obroušená) jako indikátor věku (Butterfield, 1996; Houston, 1981; Wallin, 1988), zdravotní stav (kategorie zdravý, nemocný, mrtvý – podle míry pohybové aktivity), číslo pasti a datum. Byly zaznamenávány i odchyty larev *C. hungaricus* (Foto 5). Kromě střevlíka *C. hungaricus* byla v roce 2006 zapisována i přítomnost (číslo pasti, datum a počet jedinců) dalších 15ti druhů brouků: střevlíků *Carabus coriaceus*, *C. hortensis*, *C. nemoralis*, *C. ullrichi* a *Brosicus cephalotes*, krajníků *Calosoma auropunctatum* a *C. inquisitor*, smrtníka *Blaps lethifera*, kozlíčků *Dorcadion fulvum* a *D. pedestre* a majek *Meloe decorus*, *M. proscarabaeus*, *M. scabriusculus*, *M. uralensis* a *M. violaceus*.

Pro každou past byly zaznamenány zeměpisné souřadnice a zhotoveny botanické snímky v jejím bezprostředním okolí (kruh o průměru 1m v jehož středu je past). Dále byla odhadnuta pokryvnost vegetačních typů a indikačně významných rostlin pro okolí pasti v kruzích o průměru 1 m, 5 m a 10 m. Zaznamenávána byla pokryvnost (odhad v %) těchto typů vegetace: celková vegetace, byliny, nízké byliny, vysoké byliny, trsnaté trávy, netrsnaté trávy, krátkostébelné traviny, dlouhostébelné traviny, nízký keř, řídký keř, hustý keř, solitérní strom, skupina stromů, les, stařina, sečení, pole, Fabaceae, *Calamagrostis epigeios*, *Glycyrrhiza glabra* a *Stipa sp.*

2.4 Vliv kosení na abundanci střevlíka

Byl proveden experiment za účelem zjištění vlivu managementu v podobě ručního kosení stepi a následného odstranění posečené vegetace na abundanci *C. hungaricus*. Na stepi byly 15.8.2006 pokoseny pásy o šířce cca 15 – 20 m (Foto 6). Dne 24.8.2006 bylo v těchto pruzích 5 – 10 m od okraje posečené plochy instalováno 7 zemních pastí; dalších 8 pastí bylo umístěno paralelně do přiléhající neposečené stepi (také cca 5 – 10 m od hrany posečené plochy, Obrázek 12). Odchyty střevlíků do těchto pastí byly zaznamenány standardním způsobem (viz výše). Pasti byly zrušeny 1.10.2006.

2.5 Analýza dat

2.5.1 Biotopové preference

Pomocí mnohorozměrných analýz a regresních metod (GLM) byly odhadnuty biotopové preference střevlíka *C. hungaricus* na základě dat získaných v roce 2006 (189 pastí exponovaných celou sezónou). Byly užity tyto čtyři přístupy: (i) Preference střevlíka vzhledem k různým typům vegetace. (ii) Vztah výskytu střevlíka k jednotlivým druhům rostlin zaznamenaných v botanických snímcích. (iii) Závislost počtu odchytů střevlíka v jednotlivých pastech na hodnotách charakteristik prostředí (teplota, světlo, vlhkost, půdní reakce, obsah dusíku a salinita) pro jednotlivé pasti vypočtených z botanických dat (Ellenberg *et al.*, 1992). (iv) Srovnání preferencí *C. hungaricus* s preferencemi ostatních, ochranářsky nebo jinak významných, zaznamenaných druhů brouků.

ad (i) Pokryvnosti vegetačních typů v okolí pastí, které byly v analýzách použity jako vysvětlované proměnné, byly logaritmicky transformovány. Počet odchytů střevlíka v jednotlivých pastech byl vysvětlující proměnnou. Byly provedeny tři analýzy (odděleně pro okolí pastí 1 m, 5 m a 10 m). Pro okolí 1 m byla užita RDA, pro 5 m a 10 m CCA. Typ analýzy RDA nebo CCA byl zvolen podle délek gradientů zjištěných pomocí DCA. Nejprve byly jako vysvětlující proměnné použity topografické koordináty pastí (severní šířka N a východní délka E), jejich interakce (N×E) a kvadratické polynomy (N² a E²). Na těchto pěti proměnných byl proveden postupný výběr (*forward selection*) a jejich vliv byl otestován pomocí Monte Carlo permutačního testu. Proměnné s průkazným vlivem pak vstoupily do výsledné analýzy jako kovariáty (ve všech třech analýzách bylo postupným výběrem vybráno všech pět proměnných). Tím byl odfiltrován vliv prostorové autokorelace. V RDA analýze

nebyly vysvětlované proměnné standardizovány ani po vzorcích (pasti) ani po druzích. Škálování ordinačního diagramu RDA analýzy bylo zaměřeno na mezidruhovú korelace. Proměnná „sečení“ do analýz nevstupovala, ale byla vynesena do ordinačního diagramu jako doplňující proměnná (*supplementary variable* v programu Canoco).

ad (ii) Byla použita CCA. Pokryvnosti jednotlivých druhů rostlin v okolí každé pasti, které do analýzy vstupovaly jako vysvětlované proměnné, byly logaritmicky transformovány. Počet odchytů střevlíka byl vysvětlující proměnnou. Jako vysvětlující proměnné byly opět použity nejprve souřadnice pastí, jejich interakce a kvadratické polynomy a byl proveden postupný výběr. Proměnné s průkazným vlivem (znovu všech pět) byly ve výsledné analýze použity jako kovariáty. Škálování ordinačního diagramu bylo zaměřeno na mezidruhovú vzdálenosti. Vynesení vysvětlovaných proměnných (druhů rostlin) do ordinačního diagramu bylo pro přehlednost omezeno na ty druhy, jejichž variabilita je nejlépe vysvětlována první ordinační osou. Tak byl počet vnesených druhů rostlin snížen z původních 189 na 43 druhů. Pro výše zmíněné mnohorozměrné analýzy byl užit program Canoco for Windows 4.5 (ter Braak *et* Šmilauer, 2002; Lepš *et* Šmilauer, 2003).

ad (iii) K výpočtu charakteristik prostředí pro jednotlivé pasti byly použity ordinální hodnoty rostlin (Ellenberg *et al.*, 1992; Schaffers *et* Sýkora, 2000) pro teplotu, světlo, vlhkost, půdní reakci, obsah dusíku a salinitu stanovené Borhidim (1995) pro maďarskou flóru, které shrnuje Horváth *et al.* (1995). K získání hodnot proměnných pro jednotlivé pasti byl použit aritmetický průměr hodnot přítomných rostlin, jak doporučují Käfer *et* Witte (2004). Pro několik druhů rostlin, pro něž nebyly Borhidioho hodnoty udány, byl použit průměr Borhidioho hodnot ostatních rostlin přes všechny pasti. Takto získané charakteristiky prostředí (dále jen E. čísla) byly postupně jednotlivě užity v regresi jako vysvětlující proměnné, počet odchytů střevlíka v pastech byl vysvětlovanou proměnnou. Byla použita regresní metoda zobecněných lineárních modelů (GLM) s Poissonovou distribucí chyb a link-funkcí „log“. Nejprve byl definován *zeměpisný model* jako minimální adekvátní model získaný zpětným výběrem (*backward selection*) z obou topografických koordinát pastí, jejich interakce a kvadratických polynomů. Všechny členy minimálního modelu se významně lišily od sebe navzájem a od jedné. Potom byla k tomuto modelu postupně přidávána jednotlivá E. čísla a pomocí funkcí AIC a F byl testován rozdíl mezi takto získaným modelem a *zeměpisným modelem*. Takto byl otestován vliv E. čísel na distribuci *C. hungaricus* po odfiltrování vlivu zeměpisné polohy pastí. Byl použit program R 2.6.2 (Dalgaard, 2002; Maindonald *et* Braun, 2003). V programu Statistica 6.0 (Hill *et* Lewicki, 2007) byly mezi E. čísla, které měly průkazný vliv na distribuci střevlíka, vypočteny korelační koeficienty a příslušné hladiny významnosti.

ad (iv) K porovnání preferencí *C. hungaricus* s preferencemi dalších 15ti druhů brouků byla použita nepřímá gradientová analýza PCA. Data byla transformována odmocninnou transformací. Nejprve byla opět provedena přímá analýza (RDA) s topografickými koordinátami, jejich interakcí a kvadratickými polynomy jako vysvětlujícími proměnnými. Postupným výběrem byly vybrány proměnné N a N^2 , ty byly ve vlastní nepřímé analýze použity jako kovariáty. Data nebyla standardizována ani po vzorcích (pasti) ani po družích. Škálování ordinačního diagramu bylo zaměřeno na mezidruhové korelace. Analýza byla provedena v programu Canoco for Windows 4.5.

2.5.2 Rozdíly mezi biotopovými preferencemi samců a samic

Hypotéza, že biotopové preference pohlaví se neliší vzhledem k abiotickým charakteristikám prostředí (E. číslům), byla testována regresní metodou zobecněných lineárních modelů (GLM) s binomickou distribucí chyb a link-funkcí „log“. Relativní počet samic v jednotlivých pastech byl vysvětlovanou proměnnou, E. čísla byla postupně užitá jako vysvětlující proměnné. Nejprve byl definován *zeměpisný model* jako minimální adekvátní model získaný zpětným výběrem (*backward selection*) z obou topografických koordinát pastí, jejich interakce a kvadratických polynomů. Všechny členy minimálního modelu se významně liší od sebe navzájem a od jedné. Potom byla k tomuto modelu postupně přidávána jednotlivá E. čísla a pomocí funkcí AIC a F byl testován rozdíl mezi takto získaným modelem a *zeměpisným modelem*. Takto bylo otestováno, zda se liší biotopové preference pohlaví *C. hungaricus* po odfiltrování vlivu zeměpisné polohy pastí. Byl použit program R 2.6.2.

2.5.3 Vliv kosení na abundanci střevlíka

Data získaná v experimentu 2.4 byla pro porovnání počtu odchytů střevlíka v pokosených a nepokosených plochách testována Mann-Whitney neparametrickým testem (Zar, 1984) (celkový počet odchycených jedinců do jedné zemní pasti za dobu její expozice byl jedním pozorováním).

Ke zjištění vlivu kosení na početnost střevlíka byla dále využita i data z pastí exponovaných po celou sezónu 2006. U 14 z těchto pastí byla 1.9.2006 pokosena vegetace. U ostatních nikoli. Vliv kosení byl testován dvoucestnou analýzou variance (Two-factor ANOVA). Jedním faktorem o dvou hladinách byl čas: počet jedinců odchycených do jednotlivých pastí za celé období před zásahem (kosením); počet jedinců odchycených od zásahu až do konce sezóny (do 6.11.2006 už vegetace významně nenarostla). Druhým

faktorem se dvěma hladinami bylo umístění pasti: 14 pastí v pokosených plochách; 6 pastí v přilehlých nepokosených plochách do vzdálenosti 15 m. Pomocí Mann-Whitney neparametrického testu bylo testováno, zda se mezi oběma skupinami pastí liší charakteristiky prostředí (E. čísla), které mají vliv na abundanci střevlíka. Všechny analýzy byly provedeny v programu Statistica 6.0.

3. VÝSLEDKY

V roce 2006 bylo označeno celkem 3863 střevlíků (1803 samců, 2056 samic, u 4 jedinců nebylo pohlaví zjištěno) a bylo zaznamenáno 4583 odchyťů. Z toho ve 189 pastech, které byly aktivní po celou sezónu, bylo označeno 3282 jedinců (1489 samců, 1789 samic, 4 neurčení) a zaznamenáno celkem 3916 odchyťů. V pastech aktivních pouze v období maximální aktivity střevlíka bylo označeno 581 jedinců (314 samců a 267 samic) a bylo zaregistrováno 667 odchyťů. V roce 2007 bylo označeno 1270 imag (631 samců a 639 samic) a bylo zaznamenáno celkem 1924 odchyťů. Počty odchyťů dalších druhů brouků v roce 2006 shrnuje Tabulka 1.

3.1 Sezonalita

Průběh sezónní aktivity imag v letech 2006 a 2007 je znázorněn na Obrázcích 1, 2 a 3. V roce 2007 byla celková míra aktivity přibližně poloviční oproti roku 2006 (Obrázek 1). Kopulující páry byly pozorovány od konce srpna do konce září (Obrázek 1, Foto 7). V roce 2006 bylo v období 5.4. – 7.5. v pastech zaznamenáno 15 larev třetího instaru (Obrázek 1). V roce 2007 žádné larvy zaregistrovány nebyly. V roce 2006 bylo při kontrolách od 15.6. do 12.7. zaznamenáno celkem 49 imaturních jedinců (měkké krovky). Mimo toto období nebyl žádný imaturní jedinec zaregistrován. Nejvíce (18) imaturních jedinců bylo zachyceno při kontrole 23.6.2006. V roce 2007 bylo 14 imaturních jedinců zaznamenáno mezi 22.5. a 21.6. Nejvíce (6) imaturních jedinců bylo zachyceno při kontrole 13.6.2007. Na podzim 2007 (od 1.9.2007 do konce sledovaného období) bylo znovu zachyceno 19 imag (17 samic, 2 samci), která byla označena na jaře 2006 (do doby než se objevili imaturní jedinci).

3.2 Biotopové preference

1. Ze tří analýz preferencí střevlíka vzhledem k různým typům vegetace bylo početností střevlíka jako vysvětlující proměnnou objasněno nejvíce variability v RDA pro vegetaci v okruhu 1 m, tedy bezprostředním okolí pasti (kanonická osa vysvětlila 2,6 % z celkové variability) (Obrázek 4). Vliv vysvětlující proměnné byl průkazný (vlastní číslo kanonické osy: $\lambda=0,023$; pseudo-F=4,74; $p<0,001$). V CCA pro okruh 5 m množství vysvětlené variability činilo 1,4 %, vliv vysvětlující proměnné byl průkazný (pseudo-F=2,46; $p<0,05$), pro okolí 10 m bylo množství vysvětlené variability pouze 1,2 % a vliv vysvětlující proměnné byl marginálně neprůkazný (pseudo-F=2,23; $p=0,056$). Početnost *C. hungaricus* roste s pokryvností dlohostébelných travin, vysokých bylin, celkovou pokryvností vegetace a množstvím stařiny. Abundance střevlíka je nízká na poli, v lese, pod stromy, v porostech vyšších keřů, na krátkostébelné stepi a v porostech kavylu.

2. V CCA s druhy rostlin jako vysvětlovanými proměnnými kanonická osa vysvětlila 0,9 % z celkové variability (vlastní číslo kanonické osy: $\lambda=0,145$; pseudo-F=1,69; $p<0,05$) (Obrázek 5). První osa diagramu je korelována s narušováním půdy a vlhkostí, které se zvyšují směrem doprava. Druhá osa odděluje polní druhy rostlin (nahore) od rostlin vyskytujících se mimo pole (dole). Početnost *C. hungaricus* je pozitivně korelována s rostlinami, které indikují eutrofní, spíše vlhký ruderál. Negativně je naopak korelována s rostlinami indikujícími krátkostébelnou, suchou step a rostlinami typickými pro pole.

3. Střevlík *C. hungaricus* v rámci Pouzdřanské stepi preferuje místa s vyšší vlhkostí (Obrázek 6), vyšším obsahem dusíku, nižší teplotou a nižším pH. Je indiferentní vzhledem ke světlu a salinitě. Výsledky jednotlivých regresních analýz shrnuje Tabulka 2. Byly zjištěny průkazné korelace mezi vlhkostí a teplotou ($r = -0,572$; $p < 10^{-4}$), vlhkostí a pH ($r = -0,695$; $p < 10^{-4}$), a vlhkostí a obsahem dusíku ($r = 0,850$; $p < 10^{-6}$).

4. V PCA pro druhy brouků první ordinační osa vysvětlila 42,5 % celkové variability a první dvě osy 80,2 % celkové variability v datech po odečtení vlivu topografických kovariát. Analýza jasně oddělila druhy lesní a hájové (střevlíci rodu *Carabus*, *Calosoma inquisitor*) od druhů bezlesí. Dále ukazuje, že *C. hungaricus* preferuje jiné biotopy než typické druhy krátkostébelných stepí, tedy majky (*Meloe uralensis*, *M. decorus*), *Blaps lethifera* a kozlíčci rodu *Dorcadion* (Obrázek 7).

3.3 Rozdíly mezi biotopovými preferencemi samců a samic

Samci *C. hungaricus* preferují vlhčí a na půdní dusík bohatší biotopy s mírně kyselější půdní reakcí než samice. Tyto požadavky se shodují s obecnými nároky druhu. Samci tedy vyžadují extrémnější prostředí než samice. Preference pohlaví k ostatním charakteristikám prostředí se neliší. Výsledky jednotlivých regresních analýz shrnuje Tabulka 3.

3.4 Vliv kosení na abundanci střevlíka

Experiment ukázal negativní vliv kosení na abundanci *C. hungaricus* ($N_1=7$; $N_2=8$; $U=1$; $Z=-3,12$; $p<0,01$) (Obrázek 8). Ve dvoucestné analýze variance však negativní vliv kosení na početnost střevlíka prokázán nebyl. Nebyl zjištěn vliv interakce čas \times umístění pasti ($F_{(1, 18)}=0,67$; $p=0,42$). Výsledek této analýzy (Obrázek 9) dokonce ukazuje, že v pokosených plochách došlo k většímu nárůstu abundance střevlíka než v plochách nepokosených. Mann-Whitney U test pro vlhkost ($N_1=14$; $N_2=6$; $U=13$; $Z=2,39$; $p<0,02$) prokázal, že pokosené plochy byly vlhčí než přilehlé plochy nekosené (Obrázek 10).

4. DISKUSE

4.1 Sezonalita

C. hungaricus vykazuje alespoň minimální aktivitu v průběhu celé vegetační sezóny. Vrchol aktivity nastává v pozdním létě a na podzim, tedy od poslední srpnové dekády do první dekády měsíce října. U střevlíků rodu *Carabus* perioda maximální aktivity zpravidla odpovídá době reprodukce (Cardenas *et* Hidalgo, 2000; Houston, 1981; Refseth, 1984). O tom, že tento jev platí i u *C. hungaricus*, svědčí několik pozorování kopulujících brouků během zmíněného období. Menší vrchol aktivity probíhá v květnu až červnu. Během července a první srpnové dekády, kdy je na stepi obvykle sucho a nejvyšší teploty, se aktivita snižuje na sotva zaznamatelnou úroveň. Jedná se o období aestivační dormance, která byla popsána u mnoha druhů střevlíků rozmnožujících se na podzim (Thiele, 1977). Dormance bývá, alespoň ve známých případech, řízena fotoperiodou. Dlouhý letní den ji indukuje a zkracování dne vede k jejímu ukončení.

Larvy se v Maďarsku líhnou během listopadu (Bérces, 2007, *pers. com.*), v naší studii však žádné larvy prvního instaru zachyceny nebyly. Nálezy larev třetího instaru během dubna

svědčí o přezimování larválních stadií. V roce 2007 nebyly chyceny žádné larvy, pravděpodobně díky pozdějšímu zahájení výzkumu a časnějšímu nástupu vegetační sezóny.

Imaga nové generace se líhnou od poslední květnové dekády do první dekády července v závislosti na jarních teplotách v daném roce. Období líhnutí trvá zhruba 30 dní. Tato imaga jsou aktivní pouze krátce než vstoupí do aestivační parapauzy (Thiele, 1977). Kuklení tak pravděpodobně probíhá v květnu.

Několik imag, která byla označena na jaře 2006, bylo uloveno na podzim 2007. Velmi pravděpodobně se tedy vylíhla nejpozději v roce 2005. Tito jedinci minimálně dvakrát přezimovali jako imaga a jednou jako larvy. Je proto pravděpodobné, že imago *C. hungaricus* může v přirozených podmínkách žít déle než dva roky. Délka života jedince od vajíčka může přesahovat tři roky. Víceleté životní cykly jsou u střevlíků rodu *Carabus* obvyklé. Například imaga *C. glabratus* se za polárním kruhem dožívají tří let (Vainikainen *et al.*, 1998), na severeu Anglie žijí imaga *C. glabratus* a *C. problematicus* dva až tři roky (Houston, 1981), imago *C. auratus* žilo v laboratoři pět let (Thiele, 1977).

U střevlíků je běžné, že v rámci jednoho druhu existují populace s různými typy životních cyklů (Butterfield, 1986; Houston, 1981; Thiele, 1977) a různou délkou života imag (Filippov, 2007) v závislosti na klimatických podmínkách. Vzhledem k relativně uniformnímu klimatu celém v areálu *C. hungaricus hungaricus* lze předpokládat, že životní cyklus popsáný v této studii platí, maximálně s jemnými odchylkami, pro všechny populace tohoto taxonu. To podporují i zjištění z Maďarska z pohoří Bákony (Kutasi *et Szél*, 2006) a z lokality 30 km severně od Budapešti (Bérces, 2007, *pers. com.*).

Nejnovější klasifikace životních cyklů střevlíků západní palearktické oblasti (Matalin, 2007) shrnuje celkem 30 typů. *C. hungaricus* podle ní náleží do kategorie monovoltinních, iteroparních druhů s rozmnožováním na podzim a fakultativně dvouletým životem imag. Odpovídá tak vzorovému druhu *C. hortensis*.

Odchyty samic převažují nad odchyty samců po celou sezónu kromě období maximální aktivity. Poměr samců a samic v odchytech pravděpodobně odpovídá míře jejich aktivity. Během doby hlavního vrcholu aktivity jsou obě pohlaví přibližně stejně aktivní, pouze na začátku této periody jsou aktivnější samci. Vyšší aktivita samic během roku může být způsobena snahou nashromáždit zásobu energie, která bude později investována do tvorby vajíček, a tudíž potřebou pátrat popotravě. Samci naopak aktivitu zvyšují pouze v období vrcholné aktivity, tedy v době rozmnožování. Převaha samic v zemních pastech během roku by také mohla odrážet jejich vyšší životnost.

Alternativním vysvětlením by mohla být různá míra dostupnosti potravy během roku. Szyszko *et al.* (2004) zjistili, že aktivita pohlaví *C. hortensis* je vyrovnaná pokud jsou jedinci hladoví. Avšak nasycení samci jsou mnohem aktivnější než nažrané samice. Odtud také usuzovali, že poměr pohlaví střevlíků v zemních pastech odpovídá dostupnosti potravy.

4.2 Biotopové preference

Preferovaným biotopem střevlíka je vysokostébelná step s bohatou vrstvou stařiny a tudíž relativně vyšší vlhkostí oproti okolí. Vysokých abundancí dosahuje také v eutrofním, relativně vlhkém ruderalu. Na krátkostébelné stepi s ploškami obnažené půdy je abundance střevlíka nízká. Rovněž v porostech kavylu nedosahuje vysokých početností. V rámci stepi se vyhýbá také místům pod stromy či vyššími keři. Do lesa a na pole prakticky nevstupuje.

Struktura vegetace v bezprostředním okolí pasti (1 m) ovlivňuje počet ulovených jedinců *C. hungaricus* více než struktura vegetace na větší prostorové škále. Z toho lze usuzovat, že pro střevlíka je nejdůležitější jeho nejbližší okolí. To je možné doložit například i tím, že střevlík se na stepi vyhýbá místům pod solitérními stromy, přestože v blízkém okolí je jeho abundance značně vysoká. Dále střevlík minimálně vbíhá na pole, přestože ve stepi je na místech, která k poli těsně přiléhají, velmi početný.

C. hungaricus v rámci Pouzdřanské stepi preferuje vlhčí místa. Byla také prokázána jeho preference k místům s vyšším obsahem půdního dusíku. Na eutrofních místech roste vyšší vegetace a drží se tu vyšší vlhkost. Ačkoli byla prokázána afinita střevlíka k místům s nižší teplotou a nižším pH, není pravděpodobné, že by tyto faktory v rámci jedné lokality měly skutečně vliv na jeho distribuci. Například pH nebývá příliš významným abiotickým faktorem ovlivňujícím výskyt střevlíků (Thiele, 1977). Navíc *C. hungaricus* se vyskytuje na lokalitách s kyselým i bazickým podložím (Bérces *et al.*, 2007). Všechny tři zmíněné charakteristiky byly korelovány s vlhkostí. Lze tedy předpokládat, že nejvýznamnějším abiotickým faktorem, který ovlivňuje distribuci *C. hungaricus* je vlhkost, částečně pak obsah půdního dusíku.

C. hungaricus na zkoumaném území preferuje jiné biotopy než ostatní střevlíci rodu *Carabus*, krajníci (*Calosoma*) ale také odlišná místa než většina druhů majek (*Meloe*), *Blaps lethifera* a kozlíčci rodu *Dorcadion*. *C. inquisitor* je typicky lesní druh (Hůrka, 1996). Ostatní střevlíci rodu *Carabus* se vyskytují především v lese, *C. coriaceus* bývá hojný zejména na okraji lesa (Riecken *et* Raths, 1996) a v křovinatých porostech, *C. ullrichi* kromě lesa obývá též křovinaté a luční porosty (Hůrka, 1996), *C. nemoralis* obsazuje také zastíněné sady a

zahrady (Hůrka, 1996; Pearsall *et* Walde, 1995). *M. decorus* a *M. uralensis* se vyskytují na krátkostébelných, sešlapávaných stepích a pastvinách s obnaženými ploškami půdy. Obdobný biotop vyžaduje *B. lethifera* (Lyubechanskii *et* Smelyanskii, 1999). *M. scabriusculus* a *M. proscarabaeus* obývají poněkud vlhčí trávníky a pastviny, taktéž *M. violaceus*, která vstupuje i do lesa. *Calosoma auropunctatum* se vyskytuje především na polích, ale i ve stepích (Hůrka, 1996). *Dorcadion fulvum* a *D. pedestre* se obvykle vyskytují na krátkostébelných stepích a pastvinách, přičemž *D. fulvum* vyžaduje poněkud vlhčí biotop (Sláma, 1998). *C. hungaricus* se tedy svými biotopovými nároky odlišuje nejen od lesních a polních střevlíkovitých brouků, ale také od brouků považovaných za typické obyvatelé stepí.

Biotopy, na kterých se na Pouzdřanské stepi *C. hungaricus* vyskytuje, neobývají žádné další druhy velkých střevlíků. Vzhledem k tomu, že *C. hungaricus* zde postrádá příbuzné potravní konkurenty, může pravděpodobně dosahovat vysoké populační hustoty.

Z ochránářského hlediska je významné, že *C. hungaricus* osídluje jiné biotopy než mnohé ohrožené druhy brouků, považované za typické obyvatelé stepí, tedy majky, z nichž většina je zahrnuta v Červeném seznamu ČR (Farkač *et al.*, 2005). Také většina ohrožených stepních druhů rostlin se vyskytuje na jiných biotopech. Proto by měl být na Pouzdřanské stepi provozován mozaikovitý management se zvláštním zřetelem na nejohroženější druhy rostlin a živočichů. Mozaikovitý management zvyšuje biodiverzitu bezobratlých (Dennis *et al.* 1997; Grandchamp *et al.* 2005; Konvička *et al.*, 2005; Kruess *et* Tschardtke, 2002). Některé plochy by měly zůstat dlouhodobě nekosené, alespoň do té doby než dojde k náletu dřevin. Je velmi pravděpodobné, že podobné biotopové nároky jako *C. hungaricus* mají některé další druhy živočichů, jejichž biologie je dosud málo známá. Tento střevlík proto může sloužit jako tzv. deštníkový druh. Ochrana jeho biotopu zajistí prostředí pro širší spektrum organizmů.

4.3 Rozdíly mezi biotopovými preferencemi samců a samic

Z abiotických faktorů prostředí, k nimž se preference samců a samic *C. hungaricus* liší, se zaměřím především na vlhkost. Ostatní faktory (obsah dusíku a pH) jsou s vlhkostí korelovány (viz výše). Rozdílné požadavky samců a samic na vlhkost jsou zajímavým zjištěním. Pokud je mi známo, v terénu dosud rozdílné preference pohlaví střevlíků k nějakému abiotickému faktoru nebyly objeveny. V laboratoři ovšem byla provedena řada experimentů, kde byly zjištěny rozdílné preference samců a samic k vlhkosti či teplotě. Například Huk *et* Kühne (1999) odhalili odlišné preference samců a samic *Carabus clatratus*

k vlhkosti. Samice po páření preferovaly vlhčí substrát než samci. Vysvětlením autorů bylo, že mortalita larev třetího instaru a kukel tohoto druhu je vyšší v suchém substrátu než ve vlhké půdě. Protože larvální stadia jsou méně mobilní než dospělci, je nutné aby se samice, alespoň v době kladení vajíček, pohybovaly v prostředí vhodném pro vajíčka a larvy. Podobné vysvětlení by tak mohlo platit i v případě *C. hungaricus* s tím rozdílem, že vajíčka, larvy nebo kukly by lépe prospívaly v sušším substrátu. Bylo by žádoucí tuto tezi ověřit experimentálně.

Preference samců k vlhčím biotopům oproti samicím by mohla být způsobena i odlišnou mobilitou pohlaví. Pokud by samice byly mobilnější než samci, častěji by zabíhaly i do méně vhodných, tedy sušších biotopů. Naproti tomu sedentárnější samci by se více zdržovali v příznivém, a tedy vlhčím biotopu.

4.4 Vliv kosení na abundanci střevlíka

Experiment ukázal, že *C. hungaricus* se vyhýbá koseným plochám. Toto zjištění je ve shodě s objevenými a výše popsanými preferencemi střevlíka k dlouhostébelným vlhčím trávničkům s vrstvou stařiny. Na druhou stranu, dvoucestná analýza variance negativní vliv kosení neukázala a ani nenaznačila. Vzhledem k afinitě střevlíka k vlhčím biotopům snad lze tento výsledek připsat právě odlišným vlastnostem kosených a nekosených ploch. Kosené plochy byly totiž vlhčí než přilehlá nekosená step. Pokosená místa se nacházela v terénní depresi pod jihovýchodním svahem. Navíc je třeba zmínit, že k pokosení došlo 1. září. Od této doby už i na pokosených plochách padala rosa relativně brzy v podvečer a držela se tu do pokročilých dopoledních hodin i za teplých slunných dnů. Naopak pokosené plochy, které byly využity k experimentu, se nacházely na prosluněném jihozápadním svahu. Po pokosení tyto plochy pravděpodobně vysychaly rychleji než okolní step.

I přes rozporuplné výsledky týkající se vlivu seče na střevlíka, jsou jeho biotopové preference jasným indikátorem, že příliš intenzivní management lokalit by tomuto ohroženému druhu neprospěl. Při plánování managementu na lokalitách *C. hungaricus* je proto třeba dbát na ponechání dostatečně velkých ploch „přerůstající“ stepi. Pokud se kosí až na podzim a navíc v poměrně vlhkém a ne příliš na slunce exponovaném místě, má zásah na střevlíka minimální vliv. Vážným problémem by bylo pouze pokosení rozsáhlého území, které by vedlo k významnému vysušení.

5. ZÁVĚR

Imaga střevlíka *C. hungaricus* aktivují po celou vegetační sezónu kromě vrcholu léta. Maximum aktivity nastává v pozdním létě a na podzim, kdy dochází k rozmnožování. Larvy se líhnou koncem podzimu a přezimují. Na jaře larvy aktivují až do května, kdy dochází ke kuklení. Imaga se líhnou od konce května do začátku července. Během července a první půle srpna nastává aestivační dormance imag. Samice jsou kromě vrcholu aktivity aktivnějším pohlavím. Imaga mohou žít více než dva roky.

Střevlík preferuje vysokostébelnou step s bohatou vrstvou stařiny a relativně vyšší vlhkostí oproti okolí. Početný je také v eutrofním, relativně vlhkém ruderálu. Vyhýbá se polím, krátkostébelné stepi, porostům kavyly a především lesu, stromům i vyšším keřům. Samci mají vyšší nároky na vlhkost než samice. *C. hungaricus* preferuje jiné biotopy než typičtí zástupci stepních brouků nebo rostlin. Kosení na Pouzdřanské stepi by mělo být prováděno se zřetelem na nároky *C. hungaricus*. Některé plochy by měly zůstat dočasně nekosené.

6. LITERATURA

Bérces, S., Szél, G., Ködöböcz, V., Kutasi, C., 2007: The distribution, habitat, and the nature conservation value of a NATURA 2000 beetle, *Carabus hungaricus* Fabricius, 1792 in Hungary. Proceedings of the XII European Carabidologists Meeting, Blagoevgrad, Bulgaria.

Borhidi, A., 1995: Social behaviour types, the naturalness and relative ecological indicator values of the higher plants in the Hungarian Flora. *Acta Botanica Hungarica* 39: 97–181.

Butterfield, J., 1986: Changes in life-cycle strategies of *Carabus problematicus* over a range of altitudes in northern England. *Ecological Entomology* 11: 17–26.

Butterfield, J., 1996: Carabid life-cycle strategies and climate change: A study on an altitudinal transect. *Ecological Entomology* 21: 9–16.

Cardenas, A., M., Hidalgo, J., M., 2000: Seasonal activity and reproductive biology of the ground beetle *Carabus dufouri* (Coleoptera: Carabidae). *European Journal of Entomology* 97: 329–338.

Dalgaard, P., 2002: *Introductory Statistics with R*. Springer.

Dennis, P., Young, M., R., Howard, C., L., Gordon, I., J., 1997: The response of epigeal beetles (Col.: Carabidae, Staphylinidae) to varied grazing regimes on upland *Nardus stricta* grasslands. *Journal of Applied Ecology* 34: 433–443.

Ellenberg, H., Weber, H. E., Düll, R., Wirth, V., Werner, W., Paulissen, D., 1992: *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa*, 2nd edition. *Scripta Geobotanica* 18: 1–258.

Farkač, J., Král, D., Škorpík, M., 2005: Červený seznam ohrožených druhů České republiky. Bezobratlí. Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.

Filippov, B., Y., 2007: Seasonal patterns of life cycle of ground beetle *Carabus nitens* (Coleoptera, Carabidae) in southern tundra. *Biology Bulletin* 34: 577–582.

Grandchamp, A., C., Bergamini, A., Stofer, S., Niemelä, J., Duelli, P., Scheidegger, C., 2005: The influence of grassland management on ground beetles (Carabidae, Coleoptera) in Swiss montane meadows. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 110: 307–317.

Guéorguiev, B. V., Sakalian, V. P., 1997: Vertical distribution of Carabidae (Coleoptera, Carabidae) in Bulgaria. *Acta Zoologica Bulgarica* 49: 52–57.

Hill, T., Lewicki, P., 2007: *Statistics: Methods and Applications*. StatSoft, Tulsa.

Horváth, F., Dobolyi, Z. K., Morschhauser, T., Lökös, L., Karas, L., Szerdahelyi, T., 1995: FLÓRA adatbázis 1.2 – Taxonlista és attribútum-állomány. Hungarian Academy of Sciences, Vácrátót.

Houston, W., W., K., 1981: The life cycles and age of *Carabus glabratus* Paykull and *C. problematicus* Herbst (Col.: Carabidae) on moorland in northern England. *Ecological Entomology* 6: 263–271.

Huk, T., Kühne, B., 1999: Substrate selection by *Carabus clatratus* (Coleoptera, Carabidae) and its consequences for offspring development. *Oecologia* 121: 348–354.

Hůrka, K., 1971: Die Larven der mitteleuropäischen Carabus- und Procerus-Arten. Morphologisch-taxonomische Studie. *Rozprawy Československé Akademie Věd, Řada Matematických a Přírodních Věd* 81 (8): 1–136.

Hůrka, K., 1973: Fortpflanzung und Entwicklung der mitteleuropäischen Carabus- und Procerus-Arten. *Studie ČSAV* 9: 1–80.

Hůrka, K., 1976: K problematice diapauzního stavu ve vývoji střevlíkovitých (Col. Carabidae). *Zprávy Československé Zoologické Společnosti* 7–9: 7–10.

Hůrka, K., 1996: *Carabidae České a Slovenské republiky*. Kabourek, Zlín.

Käfer, J., Witte, J.-P. M., 2004: Cover-weighted averaging of indicator values in vegetation analyses. *Journal of Vegetation Science* 15: 647–652.

- Konvička, M., Beneš, J., Čížek, L., 2005: Ohrožený hmyz nelesních stanovišť: ochrana a management. Sagittaria, Olomouc.
- Kruess, A., Tschardtke, T., 2002: Grazing intensity and the diversity of grasshoppers, butterflies, and trap-nesting bees and wasps. *Conservation Biology* 16: 1570–1580.
- Kubáň, V., Čížek, L., 2006: Metodika monitoringu evropsky významného druhu střevlík panonský (*Carabus hungaricus*). Agentura ochrany přírody a krajiny ČR, Praha.
- Kutasi, C., Szél, G., 2006: Ground beetle assemblages of dolomitic grasslands in Hungary. *Entomologica Fennica* 17: 253–257.
- Lepš, J., Šmilauer, P., 2003: *Multivariate Analysis of Ecological Data using Canoco*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Lyubchanskii, I. I., Smelyanskii, I. E., 1999: Structure of saprophagous invertebrate community on a catena in the steppe of Trans-Volga region. *Zoologicheskyy Zhurnal* 78: 672–680.
- Maindonald, J., Braun, J., 2003: *Data Analysis and Graphics Using R*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Matalin, A., V., 2007: Typology of life cycles of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in Western Palearctic. *Zoologicheskyy Zhurnal* 86: 1196 – 1220.
- Pearsall, I. A., Walde, S. J., 1995: A comparison of epigaeic fauna assemblages in organic, conventional, and abandoned orchards in Nova Scotia, Canada. *Canadian Entomologist* 127: 641–658.
- Refseth, D., 1984: The life cycles and growth of *Carabus glabratus* and *C. violaceus* in Budalen, central Norway. *Ecological Entomology* 9: 449–455.
- Riecken, U., Raths, U., 1996: Use of radio telemetry for studying dispersal and habitat use of *Carabus coriaceus* L. *Annales Zoologici Fennici* 33: 109–116.

Schaffers, A. P., Sýkora, K. V., 2000: Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction: a comparison with field measurements. *Journal of Vegetation Science* 11: 225–244.

Sláma, M. E. F., 1998: Tesaříkovití – Cerambycidae České republiky a Slovenské republiky (Brouci – Coleoptera). Milan Sláma, Krhanice.

Szyszko, J., Gryuntal, S., Schwerk, A., 2004: Differences in locomotory activity between male and female *Carabus hortensis* (Coleoptera: Carabidae) in a pine forest and a beech forest in relation to feeding state. *Environmental Entomology* 33: 1442–1446.

ter Braak, C. J. F., Šmilauer, P., 2002: CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows: Software for Canonical Community Ordination (version 4.52). Microcomputer Power, Ithaca.

Thiele, H.U., 1977: Carabid beetles in their environments. A study on habitat selection by adaptations in physiology and behaviour. Springer, Berlin.

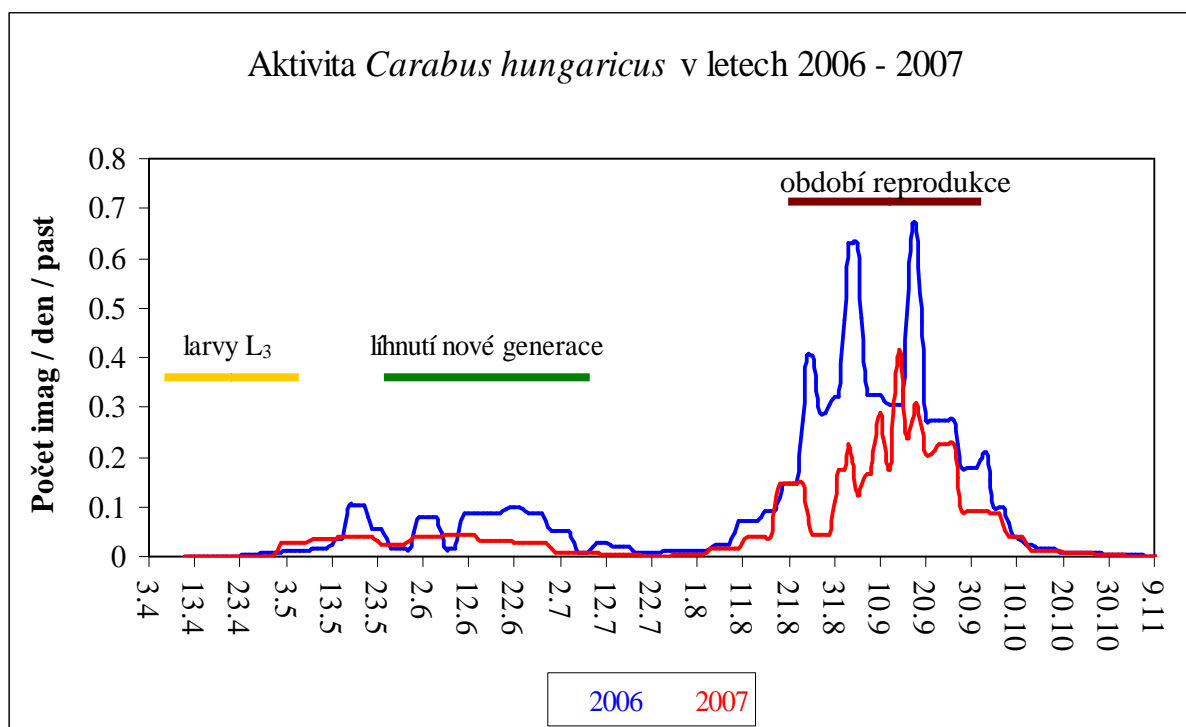
Turin, H., Penev, L., Casale, A., 2003: The Genus *Carabus* in Europe. A Synthesis. *Fauna Europaea Invertebrata*. No 2. Co-published by Pensoft Publishers, Sofia–Moscow et European Invertebrate Survey, Leiden.

Vainikainen, V., Itamies, J., Pulliainen, E., Tunkkari, P., 1998: Mobility, population size and life time pattern of *Carabus glabratus* (Coleoptera, Carabidae) under extreme northern forest conditions. *Entomologica Fennica* 9:217–224.

Wallin, H., 1988: Mandible wear in the carabid beetle *Pterostichus melanarius* in relation to diet and burrowing behaviour. *Entomologia Experimentalis et Applicata* 48: 43–50.

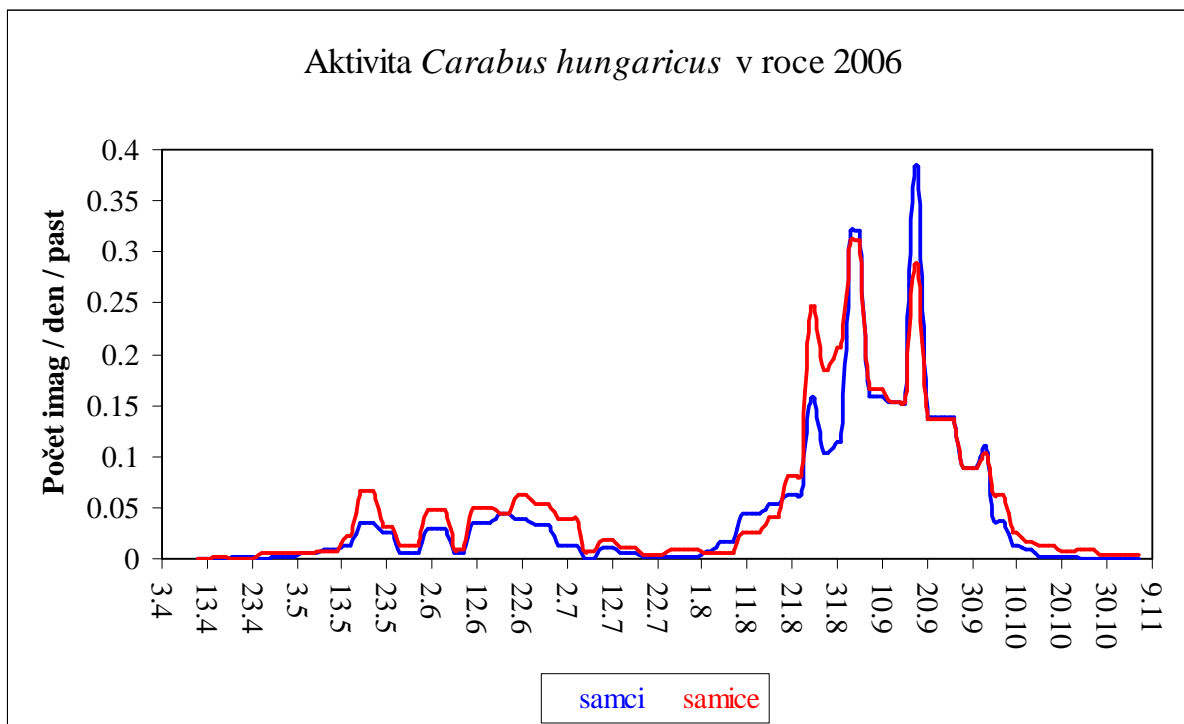
Zar, H. J., 1984: *Biostatistical Analysis*. Prentice-Hall International, Englewood Cliffs, New Jersey.

7. PŘÍLOHA



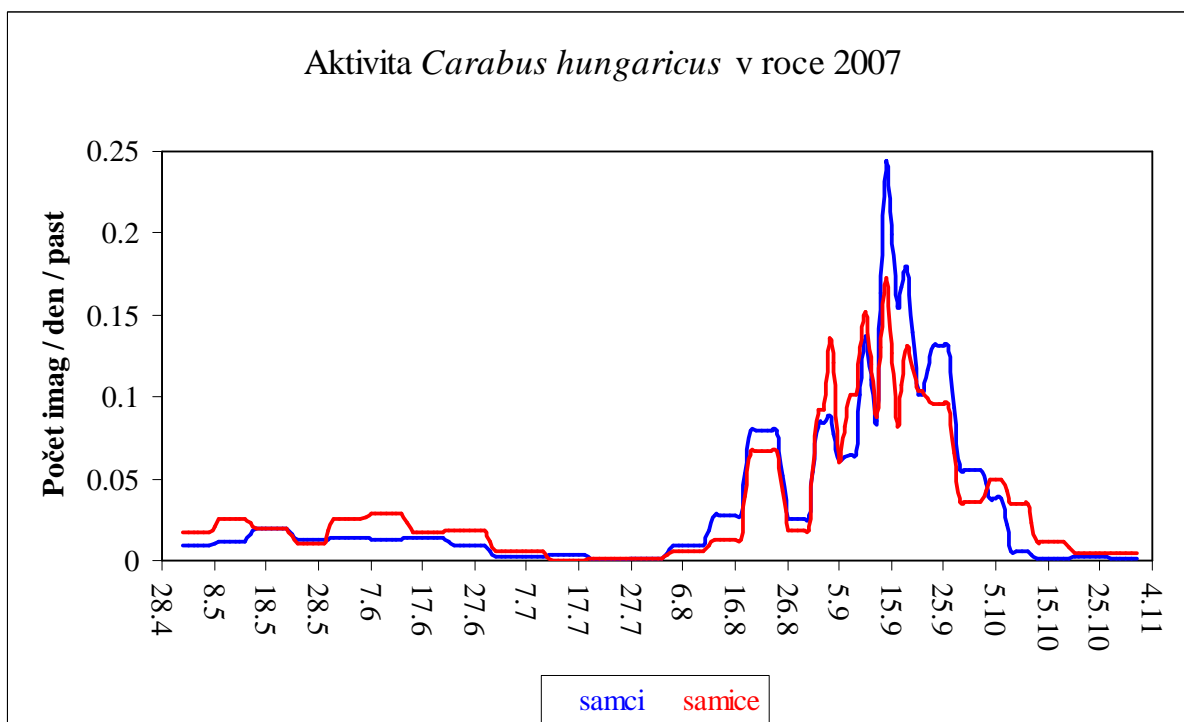
Obrázek 1: Aktivita střevlíka *Carabus hungaricus* na Pouzdřanské stepi v období 2006 – 2007.

Je vyneseno počet jedinců zachycených do jedné pasti za jeden den.



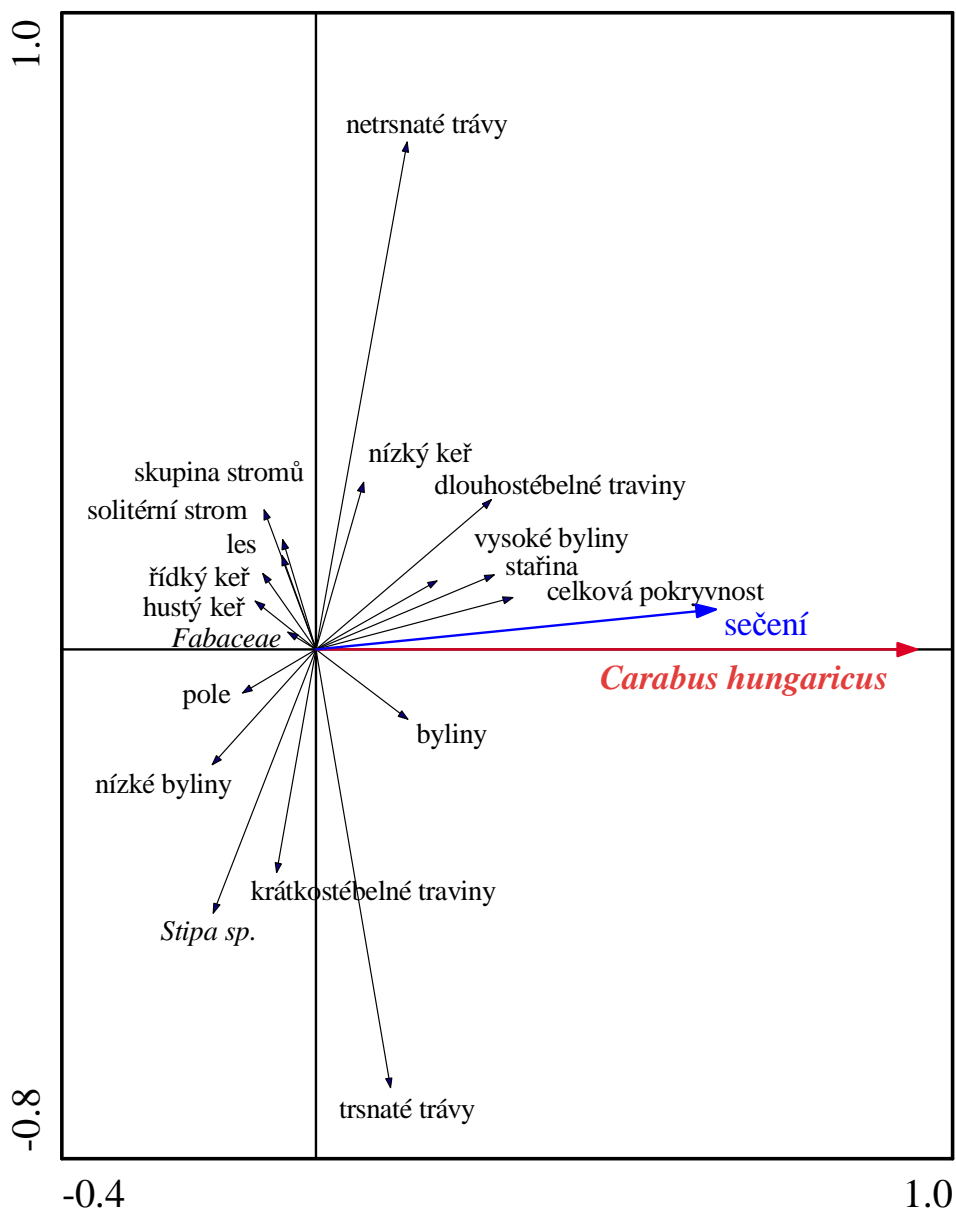
Obrázek 2: Aktivita samců a samic střevlíka *Carabus hungaricus* na Pouzdřanské stepi v roce 2006.

Je vyneseno počet jedinců zachycených do jedné pasti za jeden den.



Obrázek 3: Aktivita samců a samic střevlíka *Carabus hungaricus* na Pouzdřanské stepi v roce 2007.

Je vyneseno počet jedinců zachycených do jedné pasti za jeden den.



Obrázek 4: RDA ordinační diagram preferencí střevlíka *C. hungaricus* k různým typům vegetace v okolí pasti 1 m.

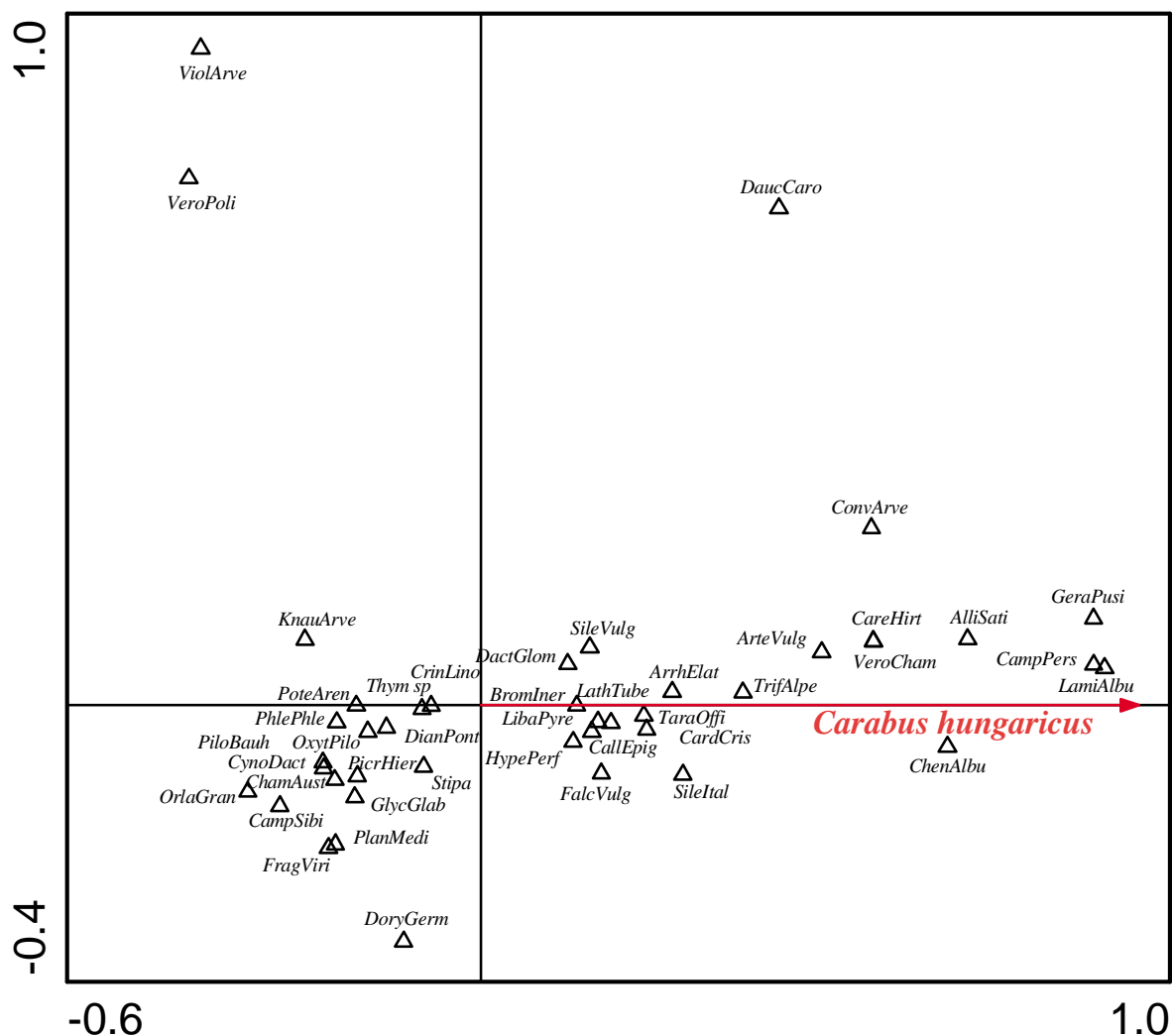
Kanonická osa vysvětluje 2,6 % celkové variability ($\lambda=0,023$; pseudo-F=4,74; $p<0,001$).

početnost *C. hungaricus* (počet odchycených jedinců do jednotlivých pastí za celý rok 2006) – vysvětlující proměnná

sečení (procento plochy, kde je pokosená vegetace) – doplňující proměnná (supplementary variable)

pokryvnosti typů vegetace a indikačně významných rostlin – vysvětlované proměnné

Plochy, kde je vysoká abundance střevlíka, bývají koseny v rámci managementu NPR Pouzdřanská step – Kolby.

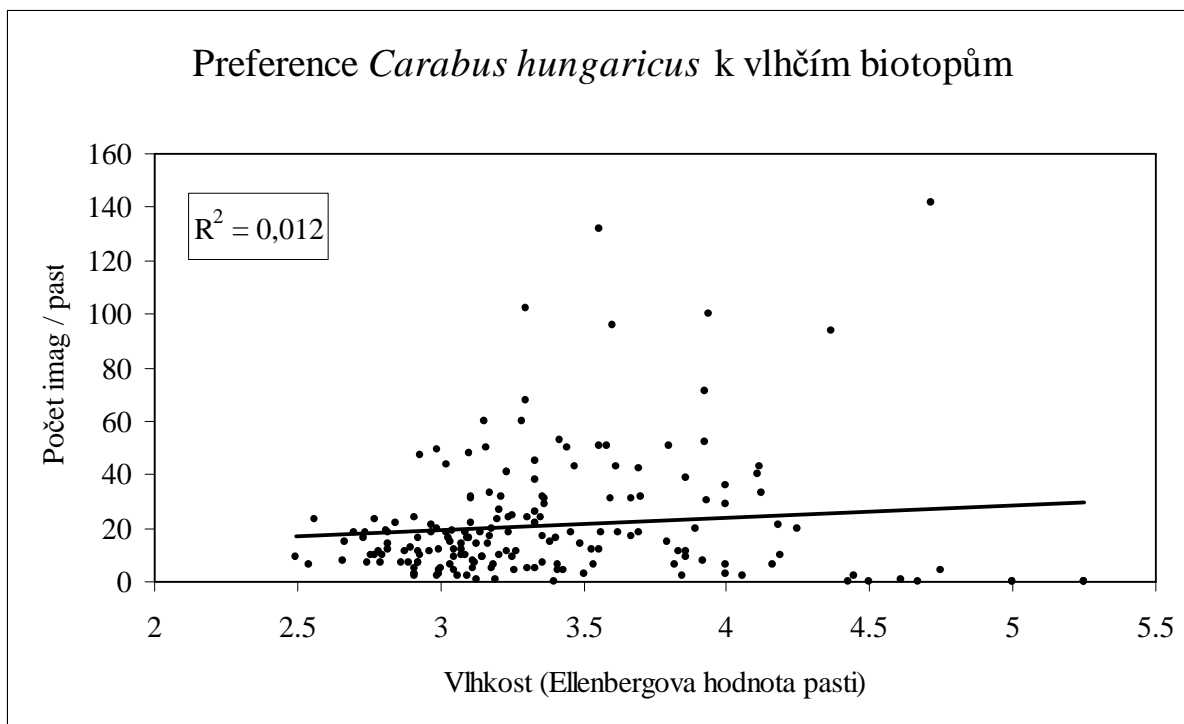


Obrázek 5: CCA ordinační diagram vyjadřující vztah výskytu střevlíka *C. hungaricus* k různým druhům rostlin.

Kanonická osa vysvětluje 0,9 % celkové variability ($\lambda=0,145$; pseudo-F=1,69; $p<0,05$).

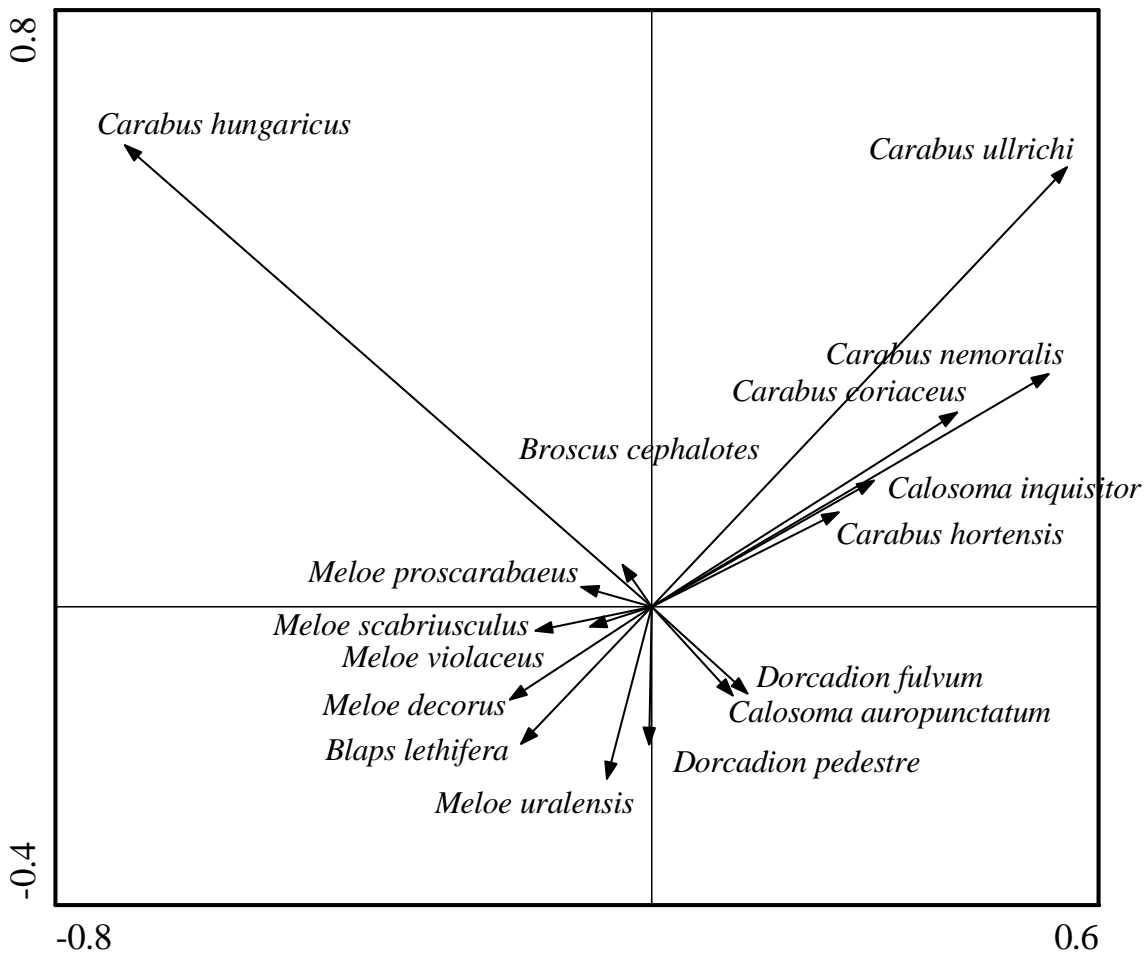
Rostliny, které se vyskytují v místech s nejvyšší abundancí střevlíka (v diagramu napravo) indikují eutrofní, spíše vlhký ruderal. V levé části diagramu jsou rostliny z krátkostébelné suché stepi. *Veronica polita* a *Viola arvensis* indikují pole.

Vysvětlivky zkratků názvů rostlin v diagramu: AlliSati – *Allium sativum*, ArrhElat – *Arrhenatherum elatius*, ArteVulg – *Artemisia vulgaris*, BromIner – *Bromus inermis*, CalaEpig – *Calamagrostis epigeios*, CampPers – *Campanula persicifolia*, CampSibi – *Campanula sibirica*, CardCris – *Carduus crispus*, CareHirt – *Carex hirta*, ConvArve – *Convolvulus arvensis*, CrinLino – *Crinitina linosyris*, CynoDact – *Cynodon dactylon*, DactGlom – *Dactylis glomerata*, DaucCaro – *Daucus carota*, DianPont – *Dianthus pondebrae*, DoryGerm – *Dorycnium germanicum*, FalcVulg – *Falcaria vulgaris*, FragViri – *Fragaria viridis*, GeraPusi – *Geranium pusillum*, GlycGlab – *Glycyrrhiza glabra*, HypePerf – *Hypericum perforatum*, ChamAust – *Chamaecytisus austriacus*, ChenAlbu – *Chenopodium album*, KnauArve – *Knautia arvensis*, LamiAlbu – *Lamium album*, LathTube – *Lathyrus tuberosus*, LibaPyre – *Libanotis pyrenaica*, OrlaGran – *Orlaya grandiflora*, OxytPilo – *Oxytropis pilosa*, PhlePhle – *Phleum phleoides*, PicrHier – *Picris hieracioides*, PiloBauh – *Pilosella bauhini*, PlanMedi – *Plantago media*, PoteAren – *Potentilla arenaria*, SileItal – *Silene italica*, SileVulg – *Silene vulgaris*, Stipa – *Stipa* sp., TaraOffi – *Taraxacum officinalis*, Thym sp – *Thymus* sp., TrifAlpe – *Trifolium alpestre*, VeroCham – *Veronica chamaedrys*, VeroPoli – *Veronica polita*, ViolaArve – *Viola arvensis*.



Obrázek 6: Preference střevlíka *C. hungaricus* k vlhčím biotopům.

Je vyneseno počet jedinců ulovených do jedné pasti za celý rok 2006 proti Ellenbergově hodnotě pro vlhkost v okolí pasti.



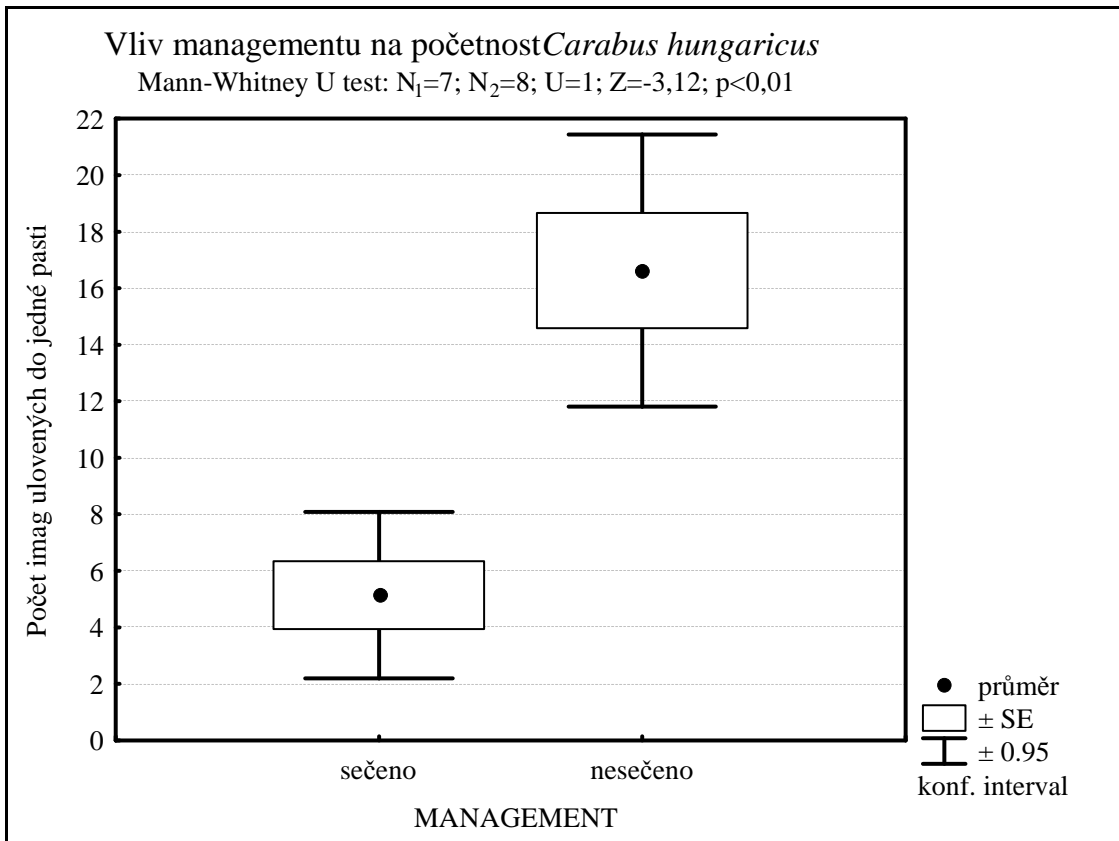
Obrázek 7: PCA ordinační diagram vyjadřující vzájemné vztahy distribuce jednotlivých druhů brouků na Pouzdřanské stepi.

První ordinační osa vysvětluje 42,5 % celkové variability a první dvě osy 80,2 % celkové variability.

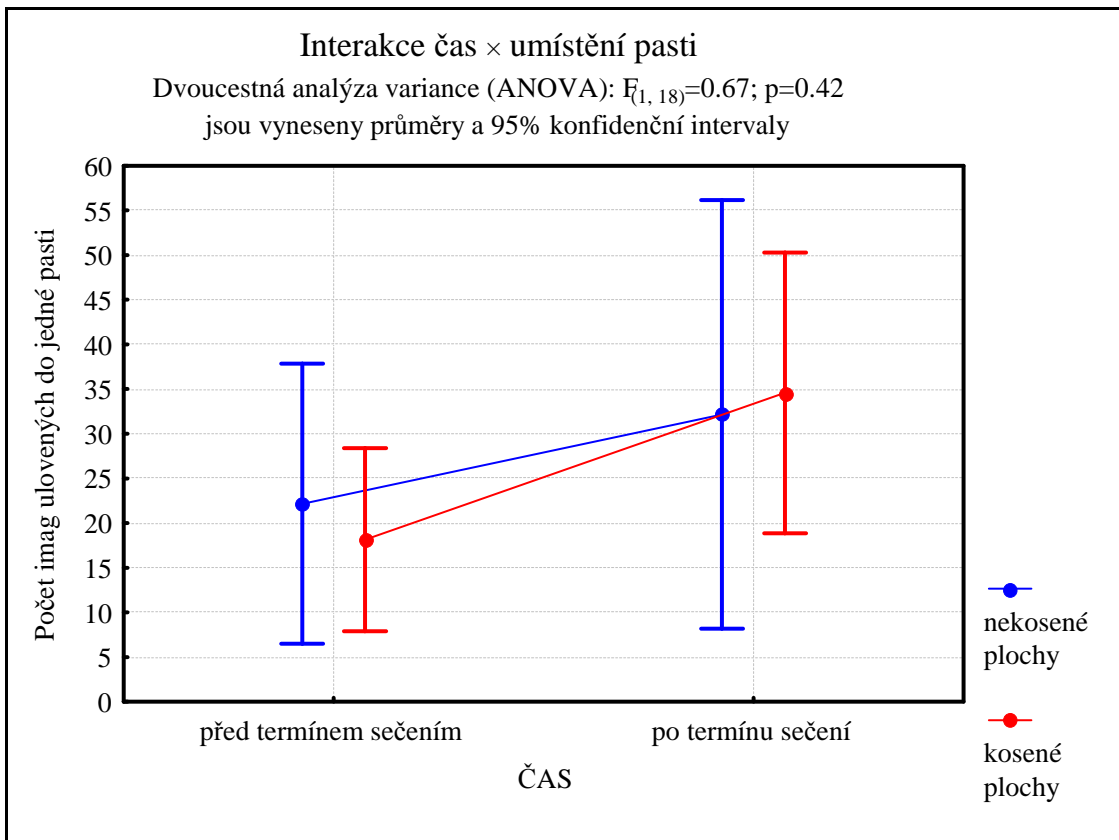
Jednotlivé proměnné jsou počty odchyťů daného druhu v jednotlivých zemních pastech.

První ordinační osa je korelována s gradientem step – les. Druhá ordinační osa je korelována s gradientem vlhkosti rostoucím směrem nahoru.

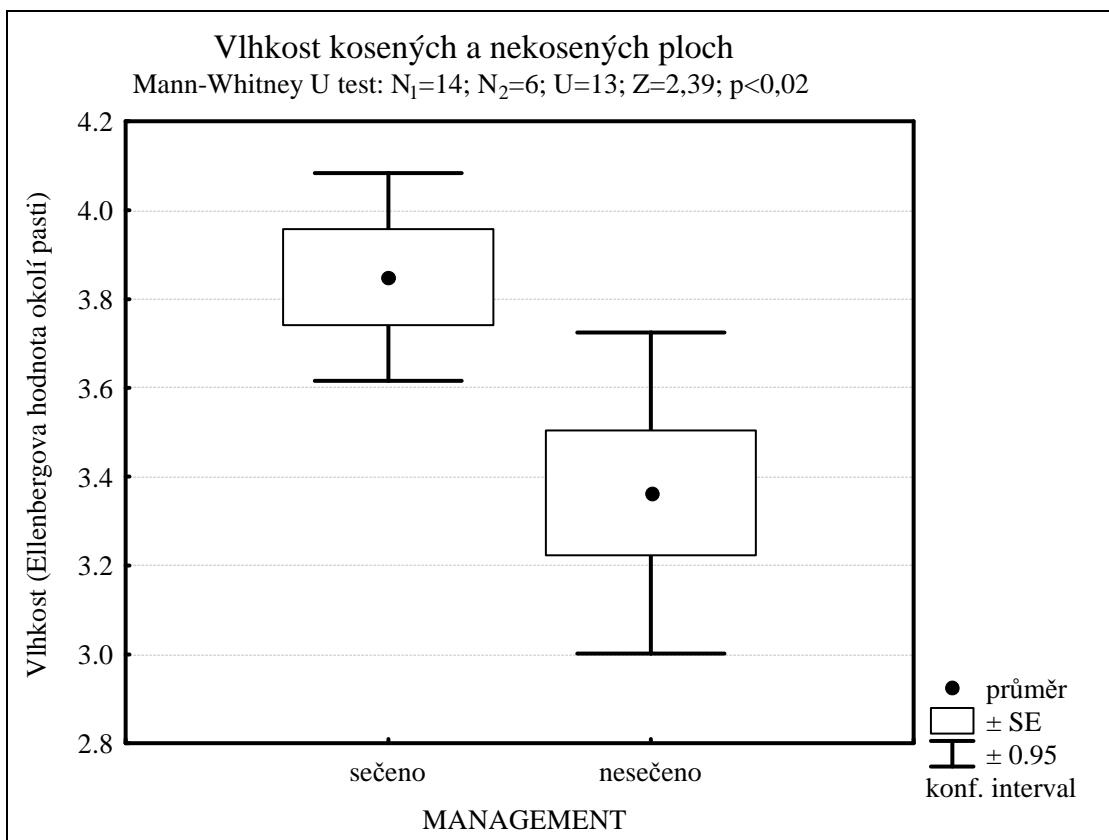
C. hungaricus preferuje jiné biotopy než ostatní střevlíci rodu *Carabus* a *Calosoma inquisitor* (převážně lesní druhy), ale také odlišná místa než typické druhy bezlesí, majky (*Meloe*), *Blaps lethifera* a kozlíčci rodu *Dorcadion*.



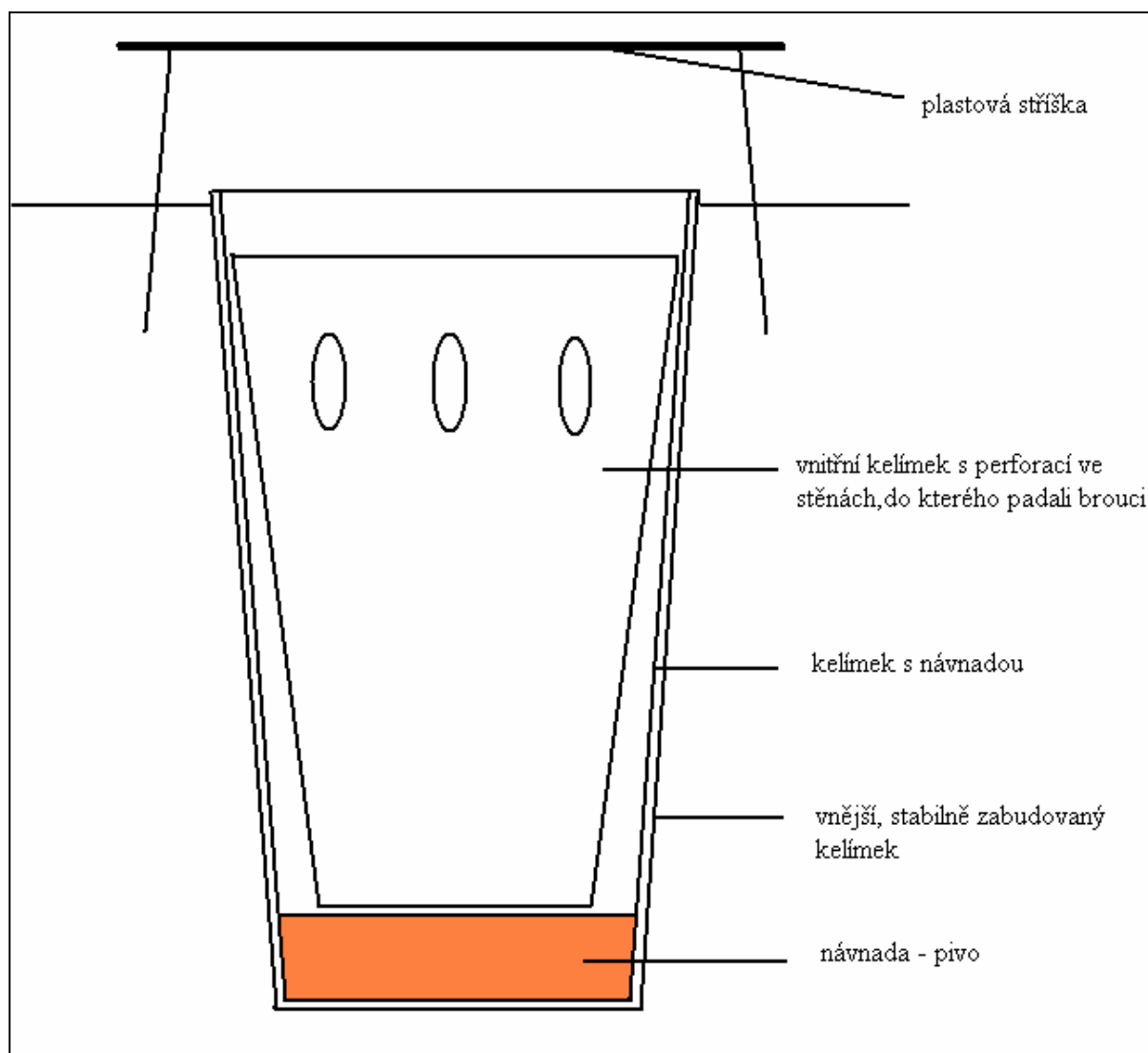
Obrázek 8: Vliv kosení stepi na abundanci střevlíka *Carabus hungaricus*.



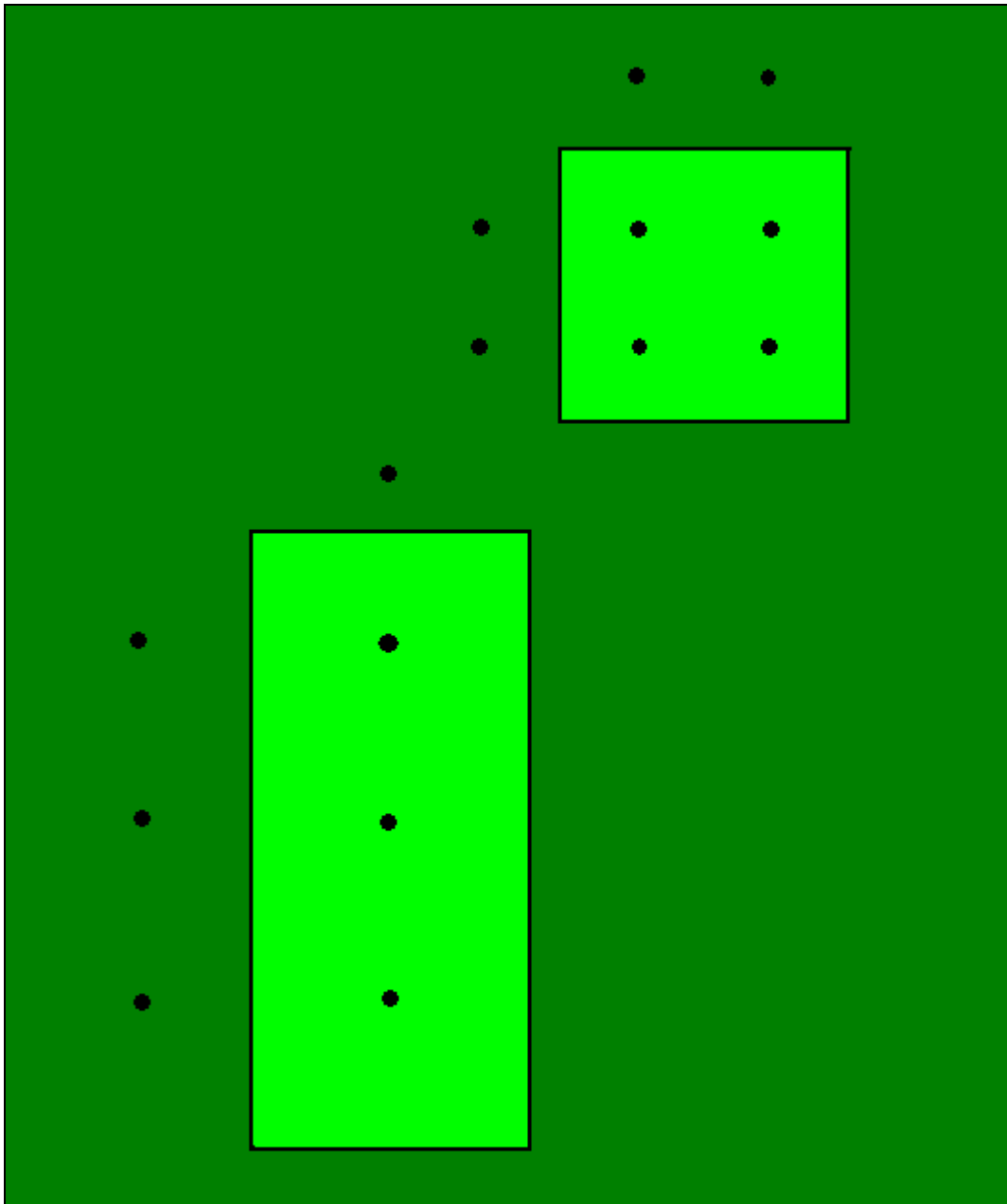
Obrázek 9: Vliv kosení stepi na abundanci střevlíka *Carabus hungaricus*.



Obrázek 10: Vlhkost prostředí, v němž se nacházely pasti použité pro analýzu na Obr. 9.



Obrázek 11: Design pasti.



Obrázek 12: Umístění pastí v kosených a nekosených plochách pro zjištění vlivu kosení stepi na abundanci *C. hungaricus*.

světle zelená – posečené plochy

tmavě zelená – nesečená step

Tabulka 1: Počet odchytů jednotlivých druhů brouků v roce 2006.

Druh	Počet
<i>Blaps lethifera</i>	105
<i>Broscus cephalotes</i>	5
<i>Calosoma auropunctatum</i>	5
<i>Calosoma inquisitor</i>	8
<i>Carabus coriaceus</i>	235
<i>Carabus hortensis</i>	21
<i>Carabus nemoralis</i>	62
<i>Carabus ullrichi</i>	1340
<i>Dorcadion fulvum</i>	25
<i>Dorcadion pedestre</i>	25
<i>Meloe decorus</i>	45
<i>Meloe proscarabaeus</i>	61
<i>Meloe scabriusculus</i>	16
<i>Meloe uralensis</i>	60
<i>Meloe violaceus</i>	5

Jedná se o celkový počet odchycených jedinců daného druhu do 189 pastí aktivovaných po celou vegetační sezónu.

Tabulka 2: Výsledky regresních analýz.

Model	Koeficient	d.f.	Reziduální deviance	Modelová deviance	AIC	F	p
nulový		185	3335,1		3337,1		
zeměpisný**		181	2850,4	484,7	2860,4	121,18	<<0,01
teplota	- 1,08	180	2477,9	372,5*	2489,9	372,52*	<<0,01
vlhkost	0,35	180	2759,1	91,3*	2771,1	91,32*	<<0,01
půdní reakce	- 0,45	180	2764,8	85,6*	2776,8	85,57*	<<0,01
obsah dusíku	0,21	180	2768,3	82,1*	2780,3	82,14*	<<0,01
světlo	- 0,02	180	2850,0	0,4*	2862,0	0,38*	0,535
salinita	0,23	180	2847,4	3,0*	2859,4	3,05*	0,080

* počítáno proti zeměpisnému modelu

** ($\sim N + E + N^2 + E^2$)

Tabulka 3: Výsledky regresních analýz pro relativní počet samic.

Model	Koeficient	d.f.	Reziduální deviance	Modelová deviance	AIC	F	p
nulový		175	294,9		296,9		
zeměpisný**		172	260,3	34,6	268,3	11,55	<<0,01
teplota	0,14	171	258,8	1,4*	268,8	1,42*	0,23
vlhkost	-0,21	171	253,8	6,4*	263,8	6,42*	<0,02
půdní reakce	0,25	171	254,4	5,8*	264,4	5,85*	<0,02
obsah dusíku	-0,13	171	252,1	8,1*	262,1	8,14*	<0,01
světlo	0,02	171	260,2	0,03*	270,2	0,03*	0,86
salinita	-0,09	171	260,1	0,1*	270,1	0,12*	0,73

* počítáno proti zeměpisnému modelu

** ($\sim N + N \times E + E^2$)



Foto 1: Jedinec *C. hungaricus* označený jako “20”.



Foto 2: Jednotlivé komponenty zemní pasti.



Foto 3: Aktivovaná zemní past s plastovým krytem jako ochranou před deštěm.

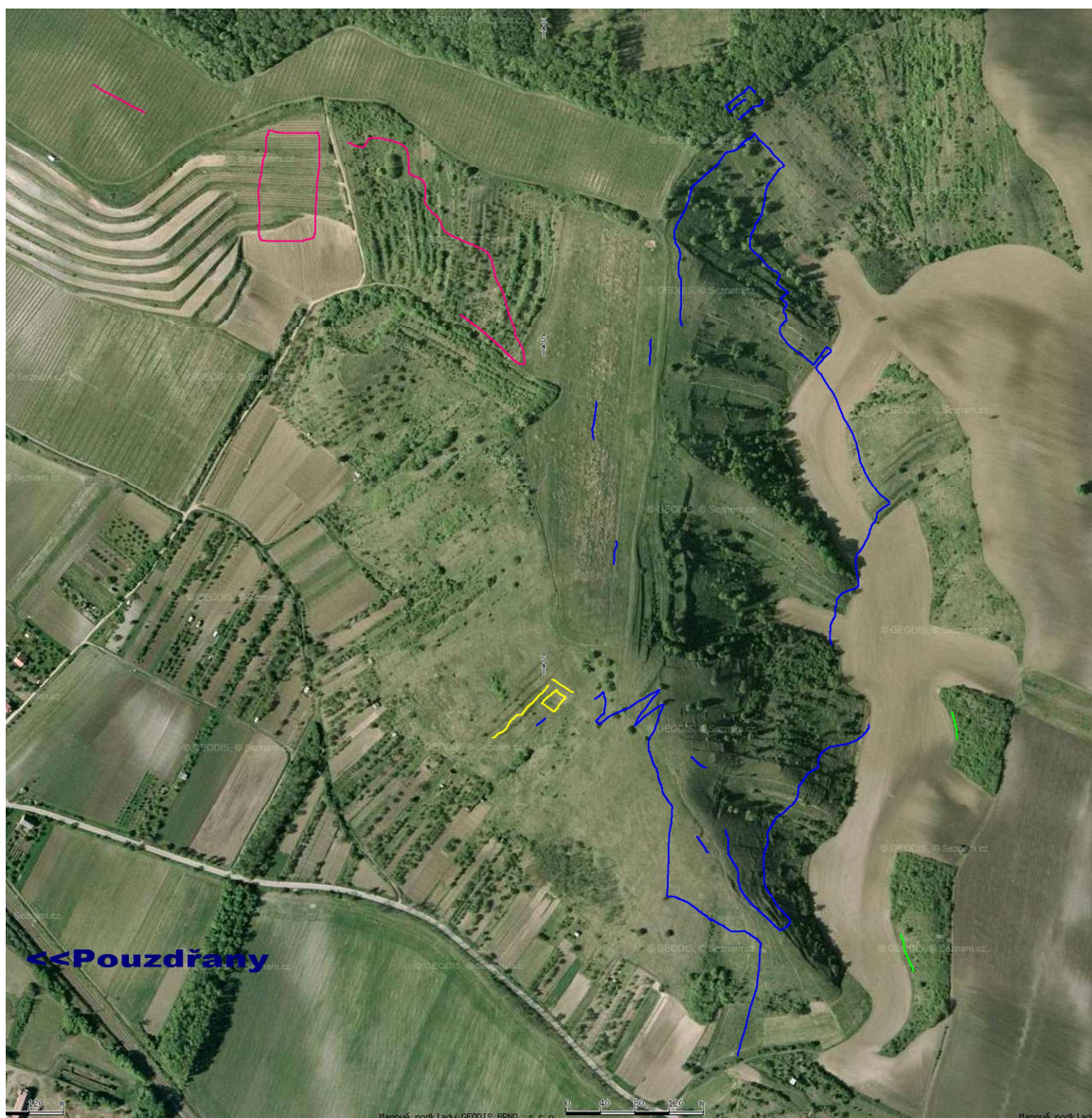


Foto 4: Letecký snímek Pouzdřanské stepi s vyznačeným rozmístěním pastí.

modře: pasti aktivované po celé sledované období

růžově: pasti exponované 21.8. – 1.10.2006, v době maximální aktivity imag

žlutě: 15 pastí exponovaných 21.8. – 1.10.2006 za účelem experimentu pro zjištění vlivu kosení

zeleně: pasti exponované 15.9. – 18.9.2006 za účelem zjištění přítomnosti střevlíka v těchto dvou stepních enklávách.



Foto 5: Larva střevlíka *C. hungaricus* ve třetím instaru.

Fotografie byla pořízena 3.5.2006.



Foto 6: Pokosené plochy, na kterých byl proveden experiment pro zjištění vztahu *C. hungaricus* ke kosení.



Foto 7: Kopulující pár *C. hungaricus*. Fotografie byla pořízena 30.8.2007.