

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: Zemědělství

Studijní obor: Agropodnikání

Katedra: Katedra agroekosystémů

Vedoucí katedry : prof. Ing. Jan Moudrý, CSc.

TÉMA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

**VÝZNAM KOPROFÁGNÍCH BROUKŮ PRO
OBNOVU TRAVNÍHO POROSTU NA PASTVINĚ
SKOTU**

Autor bakalářské práce:
Jindřich Janovský

Vedoucí bakalářské práce:
doc. Mgr. Martin Šlachta, Ph.D.

České Budějovice 2015

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jindřich JANOVSÝ**
Osobní číslo: **Z11502**
Studijní program: **B4131 Zemědělství**
Studijní obor: **Agropodnikání**
Název tématu: **Význam koprofágních brouků pro obnovu travního porostu na pastvině skotu**
Zadávající katedra: **Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Bakalářská práce se zaměří na význam koprofágních brouků pro rozklad výkalů a obnovu travního porostu na pastvinách skotu.


Cílem práce bude: (1) vypracovat literární rešerši o koprofágních bezobratlých na pastvinách a jejich funkčním významu pro ekosystém pastviny (dekompozice, obnova travního porostu, koloběh živin, zlepšení půdních fyzikálních i živinových charakteristik, omezení šíření infekčních omezení) a dopadu používání odčervovacích přípravků u skotu na populace koprofágů; (2) popsat pastevní hospodaření na vybrané lokalitě (zatížení, plemena, sezónní aspekty krmení a odčervování; historie pastevního hospodaření), půdní a porostové charakteristiky lokality, údržbu porostu (seč nedopasků, mulč, použití pesticidů nebo hnojení); (3) pomocí návnadových pastí změřit diverzitu společenstva koprofágních brouků (čeledi Scarabaeidae, Geotrupidae a Hydrophilidae) na pastvině (min. dvakrát ročně - květen, srpen, případně červenec, září); (4) získaná data prezentovat v tabulkách a grafech a provést statistické vyhodnocení; (5) charakterizovat společenstvo koprofágů z hlediska jejich funkčního významu pro obnovu pastevního porostu a diskutovat výsledky podle údajů v odborné literatuře.

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 40-60 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

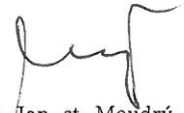
Bang H.S., Lee J.H., Kwon O.S., Na Y.E., Jang Y.S., Kim W.H. (2005): Effects of paracoprid dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) on the growth of pasture herbage and on the underlying soil. *Applied Soil Ecology*, 29: 165-171.
Gittings T., Giller P.S., Stakelum G. (1994): Dung decomposition in contrasting temperate pastures in relation to dung beetle and earthworm activity. *Pedobiologia*, 38: 455-474.
Hanski I., Cambefort Y. (1991): *Dung Beetle Ecology*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, pp. 481.
Šlachta M., Frelich J., Tonka T. (2009)a: Application of dung-baited pitfall trapping in monitoring study on diversity of coprophagous beetles (Scarabaeidae, Geotrupidae, Hydrophilidae) in cattle pastures. *Journal of Agrobiology*, 26 (2): 83-99.
Tesař Z. (1957): Brouci listoroží - Lamellicornia II. - Scarabaeidae laparosticti. *Fauna ČSR 11*. NČSAV, Praha. pp. 336.

Vedoucí bakalářské práce: **Mgr. Martin Šlachta, Ph.D.**
Katedra aplikovaných rostlinných biotechnologií

Datum zadání bakalářské práce: **15. února 2013**
Termín odevzdání bakalářské práce: **15. dubna 2014**


prof. Ing. Miloslav Šoch, CSc.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
studijní oddělení
Studentská 13 ⑫
370 05 České Budějovice


prof. Ing. Jan, st. Moudrý, CSc.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 11. března 2013

Prohlášení

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, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce.

Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Dolním Žandově dne 10.4.2015

.....

Poděkování

Děkuji vedoucímu bakalářské práce doc. Mgr. Martinu Šlachtovi, Ph.D., za poskytované rady a odborné vedení při zpracování bakalářské práce. Také patří poděkování mé manželce a rodině za jejich podporu.

Abstrakt

Tato práce se zaměřuje na význam koprofágních brouků pro rozklad výkalů a obnovu travního porostu na pastvinách skotu. Byla měřena diverzita společenstva koprofágních brouků pomocí návnadových pastí a to na čtyřech pastvinách rodinné ekologické farmy v západních Čechách. Měření probíhalo 3x po dobu jednoho týdne v měsících květen 2014, srpen 2014 a září 2013. Na sledovaných lokalitách bylo celkem odchyceno 22 druhů a 444 jedinců. Odchycení jedinci patřili do čeledí Scarabaeidae a Hydrophilidae. Tito brouci byli zařazeni do funkční skupiny netunelujících druhů. Na obnovu travního porostu mají největší vliv tunelující druhy, ti však na sledovaných pastvinách odchyceni nebyli. Nejvyšší početnost byla zjištěna v květnu s 379 jedinci. V tomto období byla průkazně vyšší početnost u malých i velkých netunelujících druhů a u Hydrophilidae oproti srpnu ($P < 0,05$), početnost vrubounovitých se mezi srpnem a září průkazně nelišila ($P > 0,05$). Největší funkční význam pro dekompozici výkalů na pastvině lze očekávat u velkého druhu *Aphodius rufipes*, který se může ve výkalech vyskytovat ve značném počtu na konci léta.

Klíčová slova: skot, pastvina, koloběh živin, ekosystém, koprofágní brouci

Abstract

This theses focuses on the importance of coprophagous beetles for dung decomposition and restoration of grass in the cattle pastures. Diversity of coprophagous beetles was measured using special traps in four cattle pastures at the family farm in western Bohemia. The measurement was provided 3 times in May 2014, August 2014 and September 2013 during one-week sampling periods. In total, 444 specimens of 22 species was collected. Caught species belonged to the family Scarabaeidae and Hydrophilidae. The beetles belonged to the functional group, "dwellers". The greatest influence on the grass restoration have tunneling species. However, these were not caught on pastures. The highest abundance was detected in May with 379 species. In this period, there was significantly higher abundance of small and large non-tunneling kinds and of Hydrophilidae compared to September ($P < 0.05$). Abundance of Scarabaeidae did not differ significantly ($P > 0.05$) between August and September. The greatest significance for the functional decomposition of dung in a pasture can be expected due to a large *Aphodius rufipes* species which may be present in the feces in a large number at the end of summer.

Keywords: cattle, pasture, nutrient cycling, ecosystem, coprophagous beetles, dung beetles

OBSAH

1. Úvod	11
2. Literární rešerše	12
2.1 Přirozený ekosystém a agroekosystém	12
2.1.1 Přírodní a přirozený ekosystém	12
2.1.2 Agroekosystém	12
2.1.3 Polopřirozené ekosystémy luk a pastvin	13
2.1.4 TTP a pastva skotu v podmínkách ekologického zemědělství	13
2.2 Koloběh látek	14
2.2.1 Fotosyntéza	14
2.2.2 Koloběh vody	15
2.2.3 Koloběh uhlíku	15
2.2.4 Koloběh dusíku	16
2.2.5 Koloběh fosforu	17
2.2.6 Půdní prostředí	17
2.3 Koprofágní brouci	19
2.3.1 Hlavní zástupci	20
2.3.2 Rozdělení koprofágních brouků	21
2.3.3 Funkční význam koprofágních bezobratlých živočichů pro ekosystém pastvin	24
2.3.4 Vliv odčervovacích přípravků na populaci koprofágních brouků	25
3. Cíl práce	26
4. Metodika	27
4.1 Obecná charakteristika	27
4.2 Popis sledovaných pastvin	27
4.3 Sběr materiálu	32
4.4 Vyhodnocení výsledků	33
5. Výsledky	34
7.1 Shannonův index	39
7.2 Mann-Whitneyův U-test	40
6. Diskuze	42
7. Závěr	43
8. Použitá literatura	44

1. ÚVOD

Zemědělská činnost výrazně ovlivňuje funkci a podobu přírodního prostředí kolem nás. To je jistě patrné pro každého. Ovšem i ten zdánlivě nejmenší druh živočicha zde plní nepostradatelnou roli ve fungování celého ekosystému či agroekosystému. Na první pohled je sice nevidíme, ale jejich činnost je znatelná a nesmírně důležitá. Klíčovou úlohu v ekosystému mají dekompozitoři. Tito heterotrofní organismy rozkládají v ekosystému organickou hmotu na jednodušší látky a tím se významně podílejí na koloběhu živin. Mezi ně řadíme i koprofágní brouky, na které se v této práci zaměřuji.

Koprofágní brouky nalezneme po celém světě, vyjma Antarktidy a bylo již popsáno více než 7000 druhů. Mají velice dobře vyvinutý čich a tak jsou schopni potravu nalézat i ve větších vzdálenostech. Mezi hlavní čeledi řadíme vrubounovité (Scarabaeidae), chrobákovité (Geotrupidae) a vodomilovité (Hydrophilidae). Svoji činností, tím že se podílejí na rozkladu či dokonce odstraňují exkrementy, napomáhají obnově pastevního drnu. Účinně tak přispívají k lepšímu využívání pastevních ploch. Rozdělují se podle strategie využívání exkrementů na tzv. tuneláře, váleče a obyvatele.

Negativní vliv na diverzitu koprofágních brouků měla intenzifikace zemědělství, kdy docházelo ke změně krajiny, úbytku pastvy a tak zapříčinila mizení koprofágních brouků. Za finanční podpory TTP a rozvoje chovu skotu BTPM dochází k rozšiřování pastevních ploch (především v horských a podhorských oblastech) a obnově koprofágních společenstev. Používání odčervovacích prostředků na bázi ivermectinu u pasených zvířat s sebou přináší rizika možného nepříznivého dopadu na tyto brouky. Ve výkalech ošetřených zvířat přetrvávají tyto látky po dlouhou dobu.

2. LITERÁRNÍ REŠERŠE

2.1 Přírozený ekosystém a agroekosystém

2.1.1 Přírodní a přírozený ekosystém

ČR leží v zóně biomu opadavého listnatého lesa, vymezené charakteristickým makroklimatem (denními a ročními výkyvy teploty a rozložením srážek, délkou vegetační sezony). Po skončení poslední doby ledové zhruba před 11,5 tisíc lety se ekosystémy na našem území dlouhou dobu vyvíjely bez antropogenních vlivů a zásahů. Takové ekosystémy označujeme jako přírodní nebo původní. V současné době se s nimi ve střední Evropě téměř nesetkáme, blízko k nim mají některé relativně málo narušené pralesní, rašeliništní a vysokohorské ekosystémy. I pralesní rezervace, rašeliniště přírodního původu a travobylinné porosty nad horní hranicí lesa jsou postiženy eutrofizací a imisemi nežádoucích až toxických látek, které mohou více nebo méně ovlivnit jejich produktivitu, potravní řetězce i energomateriálové toky.

Mnohé ekosystémy naší krajiny jsou sice do různé míry ovlivněny lidskou činností, ale svým charakterem a druhovým složením se blíží přírodnímu stavu v dané oblasti. Tyto ekosystémy nazýváme přírozené. Ve střední Evropě jsou přírozenými ekosystémy většinou listnaté, ve vyšších polohách pak smíšené nebo jehličnaté lesy, v malém rozsahu nad horní hranicí lesa a při specifických půdních podmínkách maloplošné i rozmanité nelesní ekosystémy. Hranice mezi přírozenými a umělými ekosystémy nejsou ostré, na pomezí stojí např. květnaté louky a xerothermní stepní lada (Šarapatka, 2010).

2.1.2 Agroekosystém

V našich podmínkách se historicky vyvinuly smíšené, komerčně zaměřené, permanentní, mechanizované systémy s vysokými energomateriálovými vstupy, tedy intenzivní způsoby hospodaření (Moudrý a kol., 2007).

Produkce agrocenózy je závislá na dodatečné energii, a to od jejího založení, během růstové periody až po export biomasy. Protože jde o stále obnovované iniciální stadium sukcese, převažuje silně produkce nad dekompozicí, ale zdroje živin k vysoké produkci musí obnovovat člověk. Koloběhy živin jsou otevřené, kompenzační sdílení biotopu různými populacemi rostlin neexistuje a také neexistuje adaptační šíře k povětrnostním extrémům. Posklizňové zbytky nestačí k obnově biologické aktivity půdy, takže příslušnou úpravu opět musí vykonat člověk. Jde o systémy nestabilní, sukcesí buď dospějí k lesní formaci, nebo člověk obnoví agrocenózu jako iniciální stadium sukcese (Šarapatka, 2010).

2.1.3 Polopřirozené ekosystémy luk a pastvin

Havrlant a Buzek (1985) tvrdí, že využitelnost krajiny v jednotlivých funkcích je přímo závislá na jejích jednotlivých složkách. Kvalita i kvantita se časem mění, může se zhoršovat a snižovat, ale i zlepšovat a zvyšovat zásahy člověka (devastace, meliorace, služby apod.)

Extenzivní agroekosystémy se vyznačují nižšími energetickými a materiálovými toky na jednotku plochy a obvykle vyšší diverzitou, menší potřebou vnějších zásahů a větší stabilitou i autoregulační schopností (Moudrý a kol., 2007).

Šarapatka (2010) uvádí, že koexistence populací rostlin i živočichů se tříbila od neolitu, takže jde o fungující ekosystém, udržovaný pomocí dodatečné energie kosení, pasení a exportu biomasy (u luk). Protože odebrání biomasy kosením nebo pastvou je pro porost jasně stresovým faktorem, vyselektovalo se vegetační složení směrem k stres tolerantním kompetitorům (S-C strategie), kteří ukládají rezervy asimilátů silně do podzemní biomasy. Tím se obnovují koloběhy živin, poměr C:N v půdě se stává optimálním a neklesá biologická aktivita půdy. U pastvin s optimálním pastevním tlakem je tento koloběh dokonalejší. Tyto ekosystémy disponují značnou stabilitou (odolností) i značnou resiliencí (obnovitelností).

2.1.4 TTP a pastva skotu v podmínkách ekologického zemědělství

Předmětem zájmu této práce jsou trvalé travní porosty, které ke konci roku 2013 zaujímaly rozlohu 994 461 ha (ČÚZK, 2014). Tyto pozemky jsou využívány především jako pastviny nebo louky. Pastviny jsou užívány k pastvě dobytka, zatímco louky bývají zdrojem píce a sena. Časté je ale i kombinované využívání, například je na loukách spásaná otava (Mládek a kol., 2006). Charakter TTP závisí na stanovištních podmínkách (podloží, vlhkosti aj.) a způsobu užívání (kosení s rozdílnou četností seče, pastva...) (Šarapatka a kol., 2008).

Z hlediska ekologického a ekonomického využívání TTP jsou v ČR hlavní kategorií skotu krávy chované v systému bez TPM. V literatuře uváděné a v praxi na podnikové úrovni obvyklé rozpětí se pohybuje od 0,5 do 2,0 DJ na ha TTP, resp. od 0,5 do 2,0 ha TTP na DJ. Za orientační normativní ukazatele lze považovat ve výnosově slabších regionech s 0,3 až 0,5, ve vyšších polohách s 0,5 až 0,8 a v produkčních nížinných oblastech s 0,8 až 1,5 DJ na ha TTP (Kvapilík a Kohoutek, 2009).

Druhová pestrost trvalých travních porostů v praxi velmi závisí na způsobu hospodaření. Např. při hodnocení velkého souboru ekologicky obhospodařovaných ploch travních porostů v Německu bylo zjištěno, že aplikace vysokých dávek statkových hnojiv redukuje počet druhů trav a bylin, což vede k snížení druhové diverzity travních porostů a následně i ke snížení diverzity druhů živočichů. Nejen nadměrné, ale v některých případech i nedostatečné hnojení může redukovat počet

druhů- příkladem jsou sekundární oligotrofní společenstva s dominantní smilkou tuhou (*Nardus stricta*), kostřavou červenou (*Festuca rubra s.lat.*) a tomkou vonnou (*Anthoxanthum odoratum*). Všechny zásahy je proto nutno posuzovat podle konkrétních podmínek (Šarapatka a Urban, 2006).

2.2 Koloběh látek

Ekosystém obsahuje nejrůznější látky anorganické i organické povahy. Anorganické látky jsou prvotně obsaženy v abiotickém prostředí, druhotně se dostávají do těl organismů a do koloběhu mezi živým a neživým. Naopak organické látky (bílkoviny, cukry, tuky) vznikají v tělech organismů a druhotně se nacházejí mimo ně (Šarapatka, 2010).

V přirozených biocenózách je cyklus biogenních prvků uzavřený. V umělých agrocecnózách dochází ke zprerthání cyklu v důsledku odčerpávání živin sklizněmi kulturních rostlin a značných ztrát živin vlivem eroze, infiltrace a úniku (Vostal a Penk, 1989).

Má-li být ekosystém funkční, musí obsahovat tři skupiny organismů, které zajišťují koloběhy látek i další funkce. Jsou to:

- Producenti neboli autotrofní organismy, které syntetizují organické látky z jednoduchých látek anorganických. K tomu využívají energii slunečního záření, v malé míře energii chemických vazeb. Jsou to zelené rostliny, foto- a chemotrofní bakterie.
- Konzumenti, kteří jsou potravně závislí na producentech, využívají jimi vytvořené organické látky, při svém metabolismu je přetvářejí a postupně opět rozkládají. Jsou to všichni živočichové.
- Dekompozitoři neboli destruenti, reducenti nebo mikrokonzumenti, kteří provádějí rozklad organické hmoty, podílejí se na humifikaci atd. Jsou to především bakterie, houby a další složky edafonu (Šarapatka, 2010).

2.2.1 Fotosyntéza

Fotosyntéza má ve fungování ekosystémů zcela zásadní význam, protože jejím prostřednictvím vstupuje do ekosystému část energie a dochází k syntéze organických látek. Lze ji tedy považovat za základní hybný proces koloběhu látek a celkového chodu ekosystémů. Fotosyntéza je biofyzikální a biochemický proces, při kterém je vázána energie slunečního záření v energeticky bohatých chemických vazbách (vzniká NADPH a ATP) při současném rozkladu vody a uvolňování kyslíku (Šarapatka, 2010).

Téměř veškerá biomasa vzniká fotosyntézou ze vzdušného oxidu uhličitého. V atmosféře je obsaženo 0,03 objemového procenta oxidu uhličitého. Odhaduje se,

že fotosyntézou se ročně přemění přibližně $2 \cdot 10^{11}$ kg (0,2 biliónu tun) oxidu uhličitého. Vzhledem k tomu, že na každých šest molekul CO_2 vznikne šest molekul O_2 , je také množství kyslíku vznikajícího při fotosyntéze obrovské. Fotosyntéza je jediný děj na Zemi, při kterém se kyslík uvolňuje. Zatímco látky (H_2O a CO_2) neustále kolují, tok energie je jednosměrný.

Z celkové sluneční energie vyzařované Sluncem do vesmíru, zachytí planeta Země jednu miliardtinu (10^{-9}). Z ní se 40 % odrazí zpět do vesmíru (albedo). Zbytek energie stačí k udržení veškerého života, k ohřívání atmosféry a zemského povrchu. Ze světla dopadajícího na rostliny jsou jen 3 % využita na tvorbu asimilátů (Anonym A).

2.2.2 Koloběh vody

Oběh vody v přírodě je umožněn slunečním zářením, zemskou gravitací, zemskou tepelnou energií a geochemickou energií. Kromě velkého oběhu vody, charakterizovaného povrchovým odtokem, působí v přírodě oběh vody nad pevninou, tzv. malý oběh vody, který má z hydrologického hlediska pro hospodaření s vodou největší význam. V malém oběhu vody se uplatňuje kondenzace ovzdušných par jak na zemském povrchu, tak i v půdě, vývěry podpovrchových vod, odběr půdní vody vegetací apod. Cílem všech vodohospodářských opatření v přírodě je udržet maximální možné množství vody právě v tomto malém oběhu (Tlapák a kol., 1992).

Voda na zemském povrchu není stacionární, ale je v neustálém koloběhu (cirkulaci). Ročně se z oceánů vypaří cca $430\,000 \text{ km}^3$ vody, z níž většina spadne opět ve formě srážek do oceánů. Dalšíh $70\,000 \text{ km}^3$ se vypaří z pevnin. Ve formě srážek dopadne na pevninu ročně pouze cca $110\,000 \text{ km}^3$ vody, z níž největší část se vypaří, část odteče řekami ($40\,000 \text{ km}^3$ - tzv. stabilní roční odtok) a část dosáhne moře jako podzemní voda. Převážné množství srážek spadne zpět do oceánu a jen asi 8,3% dopadne na pevninu (Anonym B).

2.2.3 Koloběh uhlíku

Výchozím zdrojem uhlíku na naší Zemi je oxid uhličitý (Rosypal a kol., 2003). Uhlík vstupuje do potravního řetězce tehdy, když fotosyntetické nebo chemoautotrofní organismy přemění oxid uhličitý na organické sloučeniny uhlíku. Tento proces se nazývá fixace oxidu uhličitého. Oxid uhličitý se vrací zpět do atmosféry a jeho relativně konstantní hladiny jsou udržovány především v důsledku respirace heterotrofními organismy. Tento pohyb uhlíku mezi anorganickými a organickými formami je nazýván uhlíkový cyklus (McKane a Kandel, 1996).

Důležitá je role oceánu – oxid uhličitý se do něj rozpouští v chladných vodách kolem pólů. Zde se reakcí s vodou přeměňuje na kyselinu uhličitou a okyseluje tak celé oceány. Naopak v teplých tropických vodách se do atmosféry zase uvolňuje. Z toho vyplývá, že postupné oteplování oceánů může snížit jejich

schopnost pohlcovat uhlík a tím nás přivést do spirály výrazného růstu koncentrací v atmosféře a následně oteplování. Zatím však nic takového nepozorujeme. Část je spotřebována podmořskými organismy, zejména mořskými řasami, které se vyskytují zejména v chladných vodách. V podstatném množství se také ukládá na dně oceánů do sedimentů na dně oceánských pánví. Zde se ukládá na dobu milionů let. Celkově se díky změnám v posledních dvou staletích množství rozpuštěného uhlíku v oceánech dost zvýšilo. V důsledku toho máme nyní nejkyselější oceány za posledních 650 000 let, pokles pH oceánů ohrožuje zejména korálové útesy a v návaznosti může způsobit další ekologické problémy.

Toky uhlíku na Zemi jsou přirozené a objemově velmi vysoké. Rovnováha mezi přísunem a odběrem uhlíku z atmosféry je však velice křehká a v minulosti Země byla často narušována přirozenými procesy. Množství uhlíku v atmosféře kolísalo a ruku v ruce s tím kolísaly i teploty. (Anonym C). Vulkanismus může způsobovat jak oteplování, tak ochlazování podnebí. Oteplování probíhá emisemi oxidu uhličitého (CO₂), jednoho z hlavních skleníkových plynů. Sopky (suchozemské i podmořské) v průměru ročně uvolní 130 - 230 mil. tun tohoto plynu. Ačkoli se toto číslo může zdát obrovské, představuje pouze zlomek produkce člověka. Antropogenní činnosti totiž ročně produkují neuvěřitelných 27 miliard tun CO₂, což je 130x více než globální vulkanická činnost (Anonym F).

Koncentrace CO₂ stoupá nepřetržitě již 200 let. Na začátku průmyslové revoluce dosahovala přibližně 280 ppm. Když v roce 1959 započala měřicí stanice Mauna Loa svou činnost, dosahovala koncentrace CO₂ již 316 ppm. Dnes je koncentrace 400 ppm. Hlavní příčinou nárůstu koncentrace skleníkových plynů je spalování fosilních paliv (Hollan a Hanžlová, 2013).

2.2.4 Koloběh dusíku

Nejdůležitější část koloběhu dusíku představuje atmosférická fáze. Odtud dusík přechází do půdy a do vody zásluhou některých bakterií, sinic a hub, které umí vázat dusík ze vzduchu. Tomuto procesu říkáme fixace dusíku. Nebýt schopnosti těchto organismů, pozemské ekosystémy by měly extrémní nedostatek dusíku. Touto tzv. biologickou cestou se totiž fixuje až 96% veškerého dusíku.

V jednotlivých ekosystémech se odehrává tzv. vnitřní cyklus, kdy dusík koluje uvnitř jednoho ekosystému (např. les) mezi zjednodušeně řečeno třemi úrovněmi:

- rostliny přijmou z půdy anorganický dusík rozpuštěný ve vodě v podobě dusičnanových nebo amonných iontů a zabudují jej do organických látek;
- býložravci konzumují rostliny a masožravci zas býložravce;
- výkaly a uhynulá těla organismů rozkládají bakterie ve spolupráci s dalšími půdními organismy a připravují tak anorganický dusík pro rostliny. (Šafarčíková a Kouřil, 2006).

Jednotlivé procesy přeměn N v půdách, především nitrifikace a denitrifikace, se značně podílejí a spolurozhodují o distribuci N v půdě, a tím i využití N rostlinami. Nitrifikace je proces velmi citlivý na vnější podmínky, je výrazně ovlivňován jako většina biologických procesů hydrotermickými podmínkami. Při teplotách pod 5 °C téměř ustává. Vyžaduje dostatek vzduchu v půdě a slabě kyselou až neutrální reakci půdy. Denitrifikace je naopak redukční proces, kdy nitráty jsou za přítomnosti organických látek redukovány na oxidy dusíku až elementární dusík. V našich podmínkách převažuje denitrifikace působená fakultativně anaerobními mikroorganismy, které během rozkladu využívají kyslík nitrátů (Vaněk a kol., 1997).

Volatilizace je proces ztráty dusíku z půdy způsobený těkáním amoniaku z povrchu či vrchních vrstev půdy (Černý a kol., 2011).

2.2.5 Koloběh fosforu

Celkově je v pohybu poměrně málo fosforu, přibližně polovina množství je do koloběhu uvedena činností člověka. Koloběhu fosforu se říká sedimentační, protože anorganický fosfor nakonec vždy opouští pevninu a odchází do oceánu, kde se včleňuje do sedimentů. Prvek přichází do ekosystémů v podobě rozpuštěných fosforečnanů, které se uvolňují z hornin.

Fosfor prodělává obdobně jako dusík vnitřní ekosystémový cyklus, který ve zjednodušené podobě vypadá následovně:

- rostliny přijmou rozpuštěné fosforečnanové ionty a zabudují je ve svém těle do organických sloučenin;
- organicky vázaný fosfor putuje tradiční cestou potravního řetězce až k poslednímu masožravému článku
- o rozklad jeho těla se postarají bakterie a další půdní organismy, které tak zpřístupní anorganický fosfor pro rostliny. Část fosforu zůstane vázaná v nerozpustných sedimentech. Hlavní měrou se však na koloběhu fosforu v ekosystémech podílí látkový metabolismus organismů (Šafarčíková a Kouřil, 2006).

2.2.6 Půdní prostředí

Půda je jedním z nejdůležitějších přírodních zdrojů, je srdcem terestrických ekosystémů včetně agroekosystémů, a pochopení tohoto složitého systému je klíčem ke správnému využívání krajiny s minimalizací negativních vlivů na prostředí. Vznik půd je obvykle dlouhodobý proces závislý na podmínkách prostředí a vlastnostech tzv. mateční horniny. Přeměna horniny v půdu je proces plynulý. Lze v něm však rozeznat tři hlavní (souběžně probíhající) stádia vývoje. V prvním stádiu se hornina mění fyzikálním zvětráváním (rozpadem), ve druhém stádiu se zvětralina chemicky mění a nastává i zvýšené uvolňování živin. Do tohoto stádia náleží rovněž skupina

procesů označovaných jako zvětrávání biologické, které je způsobené činností organismů. Ve třetím stádiu vzniká půdotvorným procesem půda, přesněji řečeno půdní typ, což je přírodní těleso zákonitého uspořádání, složené z vrstev, které nazýváme půdní horizonty (Šarapatka a Urban, 2006).

Po přechodu na ekologický způsob hospodaření dochází k následujícím pozitivním změnám (Kalinová a kol, 2007):

- půdní organická hmota (ekologicky obhospodařované plochy mají zpravidla vyšší obsah organického uhlíku)
- zvýšená biologická aktivita půdy (významný indikátor dekompozice organické hmoty)
- struktura půdy (v některých případech se zlepšuje)
- snížení erozní ohroženosti pozemků

Fyzikální, chemické a biologické vlastnosti půdy silně ovlivňují úspěch nebo neúspěch rostlinné produkce. Vodu, vzduch a teplotu je možno řadit i mezi faktory půdní (nejde totiž pouze o vodu, vzduch a teplotu ovzduší, ale též o vodu, vzduch a teplotu půdy).

Organická hmota v půdě slouží jako nepřetržitá zásobárna živin a energie pro půdní prostředí. Současně se stává i faktorem stabilizace půdního prostředí. Organická hmota v půdě plní řadu funkcí:

- je zdrojem živin pro pěstované rostliny,
- je zdrojem energie pro půdní mikroorganismy,
- zlepšuje fyzikálně chemické vlastnosti půdy
 - Téměř všechny druhy organických hnojiv mají pozitivní vliv na strukturu půdy. Těžké půdy prokypří, rozšíří tak půdní póry a umožní optimální výměnu plynů.
- zlepšuje vodní režim
 - Hnojivo obsahuje velké množství rostlinných zbytků, jenž zvyšují obsah humusu v půdě. Zlepšuje tak schopnost lehkých půd vodu zadržovat, nebo naopak v případě těžkých jílovitých půd zlepšuje jejich propustnost.
- zvyšuje asanační a pufrovací schopnost půdy
 - Vyšší obsah humusu a zlepšení přísunu vody podporují aktivitu půd i rozklad pesticidních zbytků v půdě. Plánujeme-li proces konverze, musíme brát všechny tyto skutečnosti na vědomí. Dochází-li ke konverzi pozemku, jenž byl v předchozím období podroben častému používání pesticidů, je třeba neustále kontrolovat biologickou aktivitu půdy a obsah organických látek.,
- snižuje ztráty živin vyplavením z půdy,
- zvyšuje antifytogenní potenciál půdy

- Účinnost kompostu tkví zejména ve vysokém obsahu mikrobiotických složek. Zelené hnojení zase velmi dobře hubí háďátka.
- posiluje imunitní systém rostlin.

Novák (1991) uvádí, že humifikace je podmíněna řadou faktorů, nejdůležitější z nich jsou:

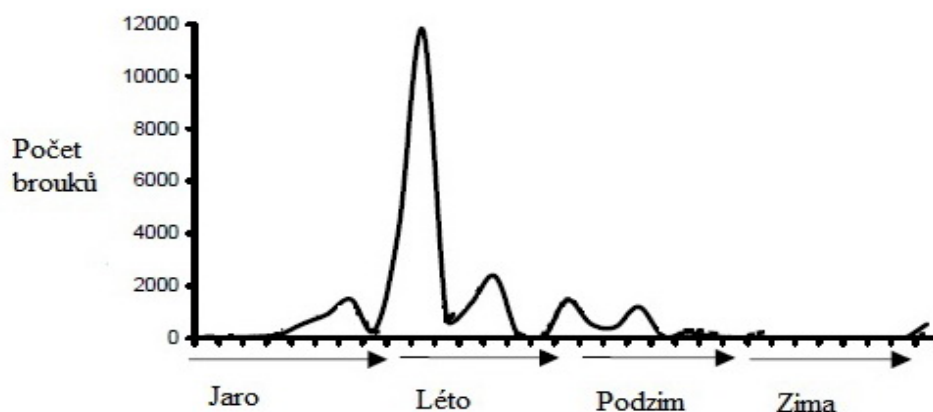
- přiměřené množství dostupného (organického) substrátu,
- aktivní "multi-enzym systém", který nejlépe produkuje komplexní půdní mikroflóra, v omezené míře i jiné mikroorganismy,
- přiměřené množství anorganických živin, zejména N a S jako stavebních součástí humusu a P jako nástroje přenosu energie z exoergických do endoergických reakcí,
- vhodné ekologické podmínky (pH, rH, pF, osmotický tlak atd.)
- adsorpční tělíska (především jíly) potřebná ke stabilizaci vznikajících humusových látek
- nepřítomnost inhibičních látek, uhlíku

Řešení bilance živin je důležité nejen z hlediska stanovení intenzity zemědělské soustavy, ale i z důvodů prevence úniku živin do okolního prostředí. Podrobnější výzkum koloběhu a bilance živin v různých půdně-ekologických podmínkách, přímo v zemědělských podnicích, případně u jednotlivých osevních postupů, umožňuje cílevědomě řídit hnojení tak, aby se racionálně využíval půdní fond, aby se odpovědně stanovila perspektivní potřeba hnojiv a aby se včas předcházelo znečišťování životního prostředí (Vostal a Penk, 1989).

2.3 Koprofágní brouci

Koprofágních brouků je popsáno přibližně 7000 druhů. Tito brouci jsou významnou funkční skupinou bezobratlých podílejících se na rozkladu výkalů přežvýkavců na pastvinách (Hanski a Cambefort, 1991). Perforací zasychající svrchní vrstvy výkalu umožňují přístup jiným bezobratlým a bakteriím a vystavují jádro výkalu mechanickému působení povětrnostních vlivů. V pozdějších fázích rozkladu se uplatňuje žír larev a působení půdních kroužkovců (Holter, 1979). Druhy žijící ve výkalech vyhledávají fekálie býložravců, zatímco výkaly masožravců jsou opomíjeny. Jen několik druhů se živí výkaly masožravců (Tesař, 1957). Vzhledem k tomu, že pokálená místa pastviny nejsou skotem spásána, napomáhá urychlení rozkladu či odstranění výkalu obnově pastevního drnu a efektivnějšímu využití pastviny. V prvotních fázích dekompozice jsou tito brouci hlavními zástupci v rozkladu výkalů. Zvyšují rychlost rozkladu výkalu, a tudíž tím zlepšují efektivitu

využití pastvin (Gittings a kol., 1994). Potravu jsou schopni nalézat i na velké vzdálenosti, protože mají velmi dobře vyvinutý čich (Hanski a Cambefort, 1991). Brouci nalétávají již v několika minutách na výkaly a začínají ho rozkládat při teplotě kolem 21°C (Bertone a kol., 2006).



Obr. č. 1 Průměrná roční aktivita koprofágních brouků na pastvině skotu (Bertone a kol., 2006).

2.3.1 Hlavní zástupci

Čeď vrubounovití (Scarabaeidae) se dělí do několika podčeledí, které se liší nejen tvarem těla, ale především rozdílným způsobem života. Zástupci podčeledí *Aphodiinae*, hnojníci, jsou spíše drobní brouci, kteří naletují na výkaly savců. Nemají zpravidla vyvinutou zvláštní péči o potomstvo. Vajíčka kladou jednotlivě nebo ve skupinkách přímo na výkaly, kterým se živí jejich larvy (Vonička, 2012). Některé druhy *Aphodius* žijí v zahnívajícím rostlinném detritu a teprve sekundárně ve fekáliích přežvýkavců (Tesař, 1957). Pro koprofágní brouky z čeledi Scarabaeidae je charakteristická výrazná sezonalita jejich rozmnožovací aktivity (Gittings a Giller, 1997). Scarabaeidae jsou druhy převážně žijící na nezastíněných plochách, kde půda je velmi brzo sluncem vyprahlá, a proto tvrdá. Výkaly pod vlivem slunečních paprsků rychle vyschnou a ztvrdnou. Naproti tomu jejich larvy jsou měkké, choulostivé a málo pohyblivé. Sluneční světlo jim škodí a jejich jemné ústrojí, zejména u mladých larev, není schopno zpracovávat trus, který uschne a ztvrdne dříve, nežli larvy dokončí svůj vývoj (Tesař, 1957). Mihulka (2013) uvádí, že vrubouni mohou k orientaci využít i polarizované světlo Měsíce či Slunce.

Čeď chrobákovití (Geotrupidae, z řeckého geos, země a trybetes, vrtat), většina z nich si v zemi vyhrabává chodby, tunel a hnízda, do kterých kladou svá vajíčka a larvy. Larvy se vyvíjejí na částech výkalů zahrabaných do země. Chodby některých druhů zasahují až do hloubky 2 metrů (Anonym D). U nás se vyskytují dva největší zástupci, druhy *Geotrupes stercorarius* a *Geotrupes spiniger*. Ze všech druhů koprofágů u nás přispívají tyto dva druhy pravděpodobně nejvíce k zapravení

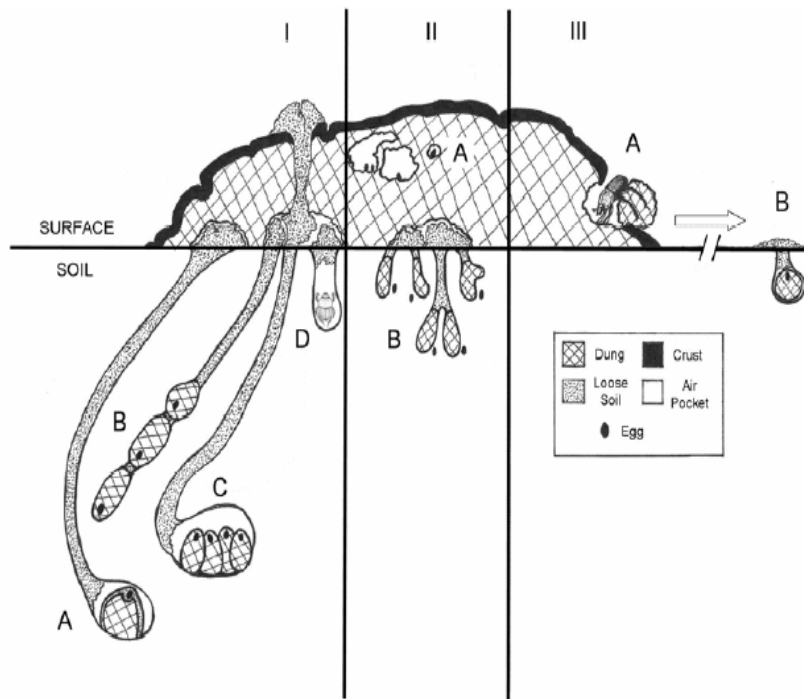
výkalů do půdy. Množství zvířecích exkrementů zapravené během života těchto brouků do půdy může dosahovat až 0,5 kg na jeden pár u *G. stercorarius* (Teichert 1955) a 2,8 kg u *G. spiniger* (Teichert 1959). Stavba hnízda *G. stercorarius* může trvat až 39 dní a je při ní zataženo do půdy 0,2 – 0,5 kg výkalů. Hlavní štola hnízda je hluboká 10 – 50 cm, široká 1,5 cm a je vyplněna půdou po té, co je stavba hnízda dokončena (Teichert, 1955).

Čeled' vodomilovití (Hydrophilidae) u nás žijí v cca 100 druzích a 19 rodů. Bylo popsáno cca 3000 druhů cca 170 rodů. Jsou to brouci, kteří žijí většinou ve vodě, ale někteří z nich žijí v trusu zvířat. Charakteristická jsou paličkovitá tykadla a u většiny vodních druhů navíc i dlouhá čelistní makadla. Druhy, které žijí ve vodě dýchají pomocí vzdušnic a pomocí tykadel si je přivádí k tělu. Samičky mají jakési snovací aparáty kterými vytváří plovoucí kokony z kterých se líhnou larvy. Vývoj larev je u většiny poměrně krátký, většinou 4 - 6 týdnů, po nich se larva zahrabe do země kde se zakuklí (Anonym E). Boukal kol. (2007) popisuje, že z čeledi Hydrophilidae můžeme většinu středoevropských druhů nalézt kromě trusu ptáků a výkalů savců také v rozkládajícím se substrátu organického původu, v listové hrabance, ale také velmi často v litorální zóně a při břehu stojatých i pomalu tekoucích vod.

2.3.2 Rozdělení koprofágních brouků

Rozdělení koprofágních brouků podle strategie využívání exkrementů dle (Hanski a Cambefort, 1991):

- **I. „tuneláři“** (tunnelers) – čeled' Scarabaeidae (podčeled' *Coprinae*) a Geotrupidae. Např.: *Phanaeus Vindex* - tunel s jediným, půdou potaženým vajíčkem v jediné komoře; *Onthophagus* - tunel s několika vajíčky po sobě jdoucími; *Copris minutus* - více vajíček v jediné komoře (Bertone a kol., 2006).
- **II. „obyvatelé, sídlenci“** (dung-dwellers) – zařazujeme zde zástupce čeledi Scarabaeidae (podčeled' *Aphodiinae*) a Hydrophilidae. Např. *Aphodius erraticus* - ukládá hnůj pod exkrement s vajíčky nakladených u zahrabaného exkrementu (Bertone a kol., 2006).
- **III. „váleči“** (rollers)- jsou v České republice zastoupeni pouze jedním nehojným druhem *Sisyphus schaefferi* (Šlachta a kol., 2009). Hloubí štoly, do kterých imaga dopravují kuličku z trusu, poté do nich samička klade vajíčka (Trnka 2008). Oproti tunelářům (I.) však váleči (III.) trus přemísťují jak je patrné níže na obrázku č.2.



Obr.č.2. Příčný řez výkalem skotu zobrazující tři hnízdní typy brouků (BERTONE M. a kol., 2006)

Rozdělení koprofágních brouků podle funkčních skupin dle Šlachty (2008a) :

- **Skupina DM** (sídlenci podrodu *Melinopterus*)
 - „rod *Aphodius* z podrodu *Melinopterus*. Vyskytují se masově brzy na jaře v době rozmnožování a na podzim při líhnutí druhé generace imág. Přes léto nejsou na lokalitě zjišťovány. Ačkoliv brouci těchto druhů se shromažďují na výkalech pasoucích se zvířat, kde probíhá úživný žír a rozmnožování, larvy jsou fytofágní a vyvíjejí se mimo výkaly, pravděpodobně na kořenech trav. Přínos této skupiny pro obnovu pastviny je proto minimální.“ Šlachta (2008a).
- **Skupina D1** (sídlenci 1)
 - „druhy, které nehloubí půdní hnízda a jejichž udávaná minimální velikost (podle Balthasara, 1963) je menší než 5 mm. Význam pro dekompozici spočívá v úživném žíru imág i larev spojeném s mechanickým rozrušováním fekálií. Vzhledem k malé velikosti brouků je jejich přínos pro obnovu pastviny malý.“ Šlachta (2008a).
- **Skupina D2** (sídlenci 2)
 - „druhy, jejichž vývoj je spojen s fekáliemi, které nehloubí půdní hnízda a jejichž minimální udávaná velikost rovna nebo větší než 5

mm, avšak menší 10 mm. Nejvíce aktivní při hloubení tunelů do fekálie jsou pravděpodobně velcí zástupci čeledi *Hydrophilidae* (rod *Sphaeridium*), zatímco *Scarabaeidae* upřednostňují zasychající spodní vrstvu výkalu na kontaktu s půdním povrchem, kde se také nejvíce zdržují. Vzhledem k malé velikosti brouků je jejich přínos pro obnovu pastviny malý.“ Šlachta (2008a).

- **Skupina D3** (sídlenci 3)

- „druhy, jejichž vývoj je spojen s výkaly, které nehlobí půdní hnízda a jejichž minimální udávaná velikost je rovna nebo větší než 10 mm. Ačkoliv žír larev a imág nelze podceňovat, a to především u velkých a početných druhů, hlavní přínos spočívá spíše v mechanickém narušování čerstvého výkalu dospělci, urychlujícím tak jeho následný rozpad i rozklad. Při tom hraje velikost brouků podstatnou roli. Oproti skupině D1 a D2 mohou tito brouci ze skupiny D3 (v ČR jen tři druhy) dosti významně urychlit rozpad výkalu a jeho rozklad, pokud jsou na lokalitě dostatečně hojní.“ Šlachta (2008a).

- **Skupina ST** (malí tuneláři + malí valiči)

- „druhy s tunelovou hnízdní aktivitou z podčeledí *Coprinae* a *Scarabaeinae* z čeledi *Scarabaeidae* (malí tuneláři). Malé valiče zastupuje u nás pouze jeden nehojný druh *Sisyphus schaefferi*. Hloubení tunelů a zapravování částí fekálií do nich probíhá v období rozmnožování na jaře. Hloubka tunelů je až 25 cm. Význam pro dekompozici spočívá v úživném žíru imág, ve stavbě podzemních hnízd, a s ním souvisejícím zapravováním částí fekálií do půdy. Jejich přínos pro odstranění výkalů z povrchu pastviny, k obohacení půdy živinami a jejímu provzdušnění může být značný.“ Šlachta (2008a).

- **Skupina LT** (velcí tuneláři + velcí valiči)

- „druhy s tunelovou hnízdní aktivitou z čeledi *Geotrupidae* (velcí tuneláři). Velcí valiči (s minimální udávanou velikostí větší než 10 mm) u nás nežijí. Význam pro dekompozici spočívá v úživném žíru imág (od jara do podzimu), ve stavbě podzemních hnízd, a s ním souvisejícím zapravováním fekálií do půdy. Jedná se o nejefektivnější skupinu koprofágů z hlediska rozkladu fekálií a z hlediska půdní aktivity. Významně se podílí na odstraňování výkalů z povrchu pastviny.“ Šlachta (2008a).

2.3.3 Funkční význam koprofágních bezobratlých živočichů pro ekosystém pastvin

- Sekvestrace uhlíku přímo do půdy.
 - Snižuje únik CO₂ do ovzduší.
 - Pomáhá půdě udržet vlhkost a živiny.
 - Poskytuje snadno dostupný zdroj biologického uhlíku v půdě pro růst rostlin.
 - Snižuje vstupní náklady na pěstování plodin a zvyšuje kvalitu pastvin.
- Dusík obsažený v trusu je rozkládán a sekvestrován přímo do půdy
 - Minimalizuje ztráty dusíku v podobě amoniaku (NH₃) do atmosféry.
 - Minimalizuje ztráty oxidu dusného (N₂O) do atmosféry.
 - Snižuje požadavky na potřebu dusíkatých hnojiv a s tím souvisejících nákladů.
- Recyklace fosforu obsaženého v trusu zvířat přímo do půdy.
 - Recyklace fosforu je pro zemědělství významnější, než probíhající změny globálního klimatu.
 - Také minimalizuje dopravu, přepravu, skladování, aplikační náklady fosfátových hnojiv a vzniku enormního množství CO₂ spojené s výrobou a dovozem tohoto hnojiva.
- Provzdušňování půdy hrabajícími brouky.
 - Zvýšení pronikání dešťové vody a zlepšuje zadržování spodních vod.
- Takřka okamžitý rozklad vlhkého a zapáchajícího trusu z půdního povrchu do půdy.
 - Odstraňují trus, který je živnou půdou pro mouchy kladoucí zde vajíčka a redukuje zdroj much, které obtěžují či poškozují lidi a zvířata.
- Podporuje zásady a systémy udržitelného zemědělství
 - Podporuje principy a postupy "redukovat, opětovně použít a recyklovat."
 - Snižuje požadavky vstupů dusíku a fosforu v zemědělství.
 - Recykluje a opět používá živiny z živočišných výkalů.
 - Snižuje poptávku po dodávkách neudržitelných živin, jako je fosfor (Feehan, 2015).

Další popisuje Nichols a kol. (2008):

- Bioturbace: (proces a projevy přehrabávání a převrácení sedimentu živočichy).

může mít vliv na půdní biotu a rostliny zvýšením provzdušnění a pórovitosti půdy. Velkou roli v bioturbaci mají „tuneláři“, jejich prostřednictvím přemění velké množství hmoty v průběhu hnízdění.

- Sekundární rozptýlení semen.
- Zvýšení růstu rostlin.
- Potlačení parazitů.

2.3.4 Vliv odčervovacích přípravků na populaci koprofágních brouků

Ivermectin je širokospektrální antiparazitární lék, který je běžně podáván zvířatům po celém světě. I když nabízí efektivní a hospodárný způsob pro léčbu a kontrolu parazitárních nemocí, zvýšily se obavy na jeho možný dopad na biologickou diverzitu v zemědělských krajinných systémech (Foster a kol., 2014). Zejména dlouhodobé účinky na necílové koprofágní živočichy a pastevní systémy zůstávají nejasné, a to zejména v mírném podnebí (O'Hea a kol., 2010). I když bylo několik málo studií, které kvantifikovaly hladinu ivermectinu ve výkalech, je zřejmé že ivermectin není rychle rozkládán a zůstává v koncentracích, které jsou považovány za škodlivé pro koprofágní faunu po dlouhou dobu. Bylo prokázáno, že někteří brouci a hmyz se hnoji s rezidui ivermectinu vyhnou, zatímco jiné ho přednostně kolonizují (Foster a kol. 2014). Podle korejské studie Banga a kol. (2005) bylo prokázáno, že rozšířené používání insekticidů, herbicidů, fungicidů a veterinárních odčervovacích preparátů, mohou hrát roli v poklesu početnosti populací těchto brouků. O'Hea a kol. (2010) tvrdí, že rezidua ivermectinu výrazně zpomalila vývoj druhů rodu *Aphodius*.

		Vysoký porost			Nízký porost			Holá zem		
		O	N	Tendence	O	N	Tendence	O	N	Tendence
Histeridae	<i>P. purpurescens</i>	2	0		4	3		3	2	
Hydrophilidae	<i>C. atomarius</i>	0	8		8	2	↓	8	0	
	<i>C. haemorrhoidalis</i>	2	10	↑	2	3		3	3	
	<i>C. melanocephalus</i>	1	0		1	0		0	1	
	<i>C. pygmaeus</i>	0	3		1	0		1	0	
	<i>Sp. scarabaeoides</i>	1	10	↑	9	6	↓	6	2	
Scarabaeidae	<i>A. ater</i>	13	77	↑	460	824	↑	388	481	↑
	<i>A. erraticus</i>	5	114	↑	18	150	↑	20	231	↑
	<i>A. fimetarius</i>	0	5		8	22	↑	10	15	↑
	<i>A. fossor</i>	1	0		0	2		0	0	
	<i>A. prodromus</i>	39	311	↑	204	556	↑	185	209	↑
	<i>A. sphacelatus</i>	0	3		0	0		35	47	↑
Diptera larvae		1860	165	↓	1207	74	↓	333	80	↓

Tab.č.1. Celkové počty koprofágních bezobratlých získaný od ošetřeno (O) a neošetřeno (N) dobytka v různých strukturách porostu (Zdroj: Foster, Bennett a kol., 2014).

3. CÍL PRÁCE

Cílem mé práce bylo změřeni diverzity společenstva koprofágních brouků na pastvině. Jednalo se o tyto čeledi: Scarabaeidae, Geotrupidae a Hydrophilidae.

Pro odchyt brouků byly použity padací návnadové pasti. Měřeno bylo na 4 pastvinách. Každá pastvina se vyznačovala svou odlišností terénních podmínek. Výsledky byly zapsány do tabulek a následně statisticky vyhodnoceny.

4. METODIKA

4.1 Obecná charakteristika

Sledování, analýza a sběr brouků byl proveden na pozemcích soukromé rodinné ekologicky hospodařící farmy v kraji Karlovarském poblíž Dolního Žandova. Farma se postupně buduje od roku 1998. V současné době hospodaří na cca 300ha zemědělské půdy, kde velkou většinu tvoří trvalé travné porosty (TTP). Dále je zde zastoupena 6,5ha orné půdy, 5ha ovocných sadů a množství remízů, mokřadů a ostatních ploch. Nadmořská výška pastvin je přibližně 600 m.n.m. Průměrné roční srážky jsou zde 760mm a průměrná roční teplota 6°C. Farma je situována v podhorské oblasti typu HA dle LFA. V této oblasti je nejčastější výskyt podzolových půd. Zmíněné pozemky jsou v oblasti okraje Přírodního parku Český les, který sousedí s Přírodním parkem Slavkovský les. Hlavní činností farmy je chov skotu plemene Hereford a chov ovcí masného typu. Okrajovými činnostmi farmy jsou chovy koní plemene Slezský norický kůň a drůbeže.

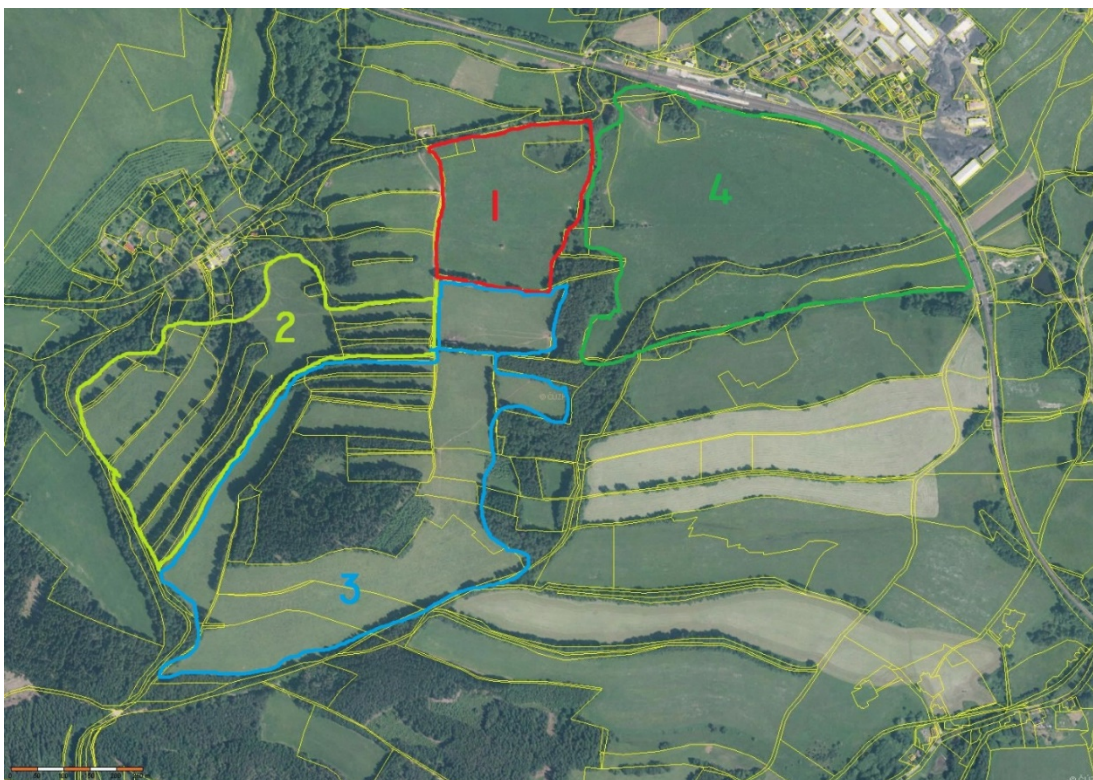


Obr. č. 3 Skot na pastvě

4.2 Popis sledovaných pastvin

Na sledovaných pastvinách se pase skot plemene Hereford v počtu cca 60 kusů dospělých zvířat. Zatížení pastvin je 0,35 VDJ/ha.

Pastevní areál skotu je rozdělen do 4 částí (viz. obrázek č. 4), kde probíhá během pastevní sezóny k přepásání. Pase se zde současně 5 koní a brzy na jaře a na podzim i stádo ovcí. Každá pastvina má jinou rozlohu a druhové složení flóry.



Obr. č. 4 Přehled pastvin (Zdroj: www.cuzk.cz)

Pastvina č. 1 je rozlohou nejmenší s necelými 7 ha a má největší podíl leguminóz a kulturních travin. Převážnou část roku pastvinu spásají i koně, na jaře a na podzim také ovce. Skot zde pobývá především v době odstavu jalovic. Zde byla uložena past č. 1.



Obr. č. 5 Pastvina č. 1

Pastvina č. 2. má rozlohu 18 ha. Je velmi členitá s velkým množstvím remízků a rozdílnou svažítostí. Největší podíl mají lipnicovité trávy a podél remízků miříkovité rostliny (převážně bršlice kozí noha). Skot je zde převážně v průběhu

sezóny. Horní část pastviny je pravidelně poškozovaná rytím divokých prasat. Zde byla uložena past č. 2.



Obr. č. 6 Pastvina č. 2

Pastvinu č. 3 převážně obklopuje les a je také v nejvyšší nadmořské výšce. Druhové složení pícnin je zde chudší (převážně lipnice luční, lipnice hajní a občas bojínek luční). Pastvina je nejsvažitější a nejchladnější ze všech. Na této pastvině se skot nachází nejkratší dobu z důvodů rychlého vypasení a následné pomalé obnovy pastvy. Je taktéž jako pastvina č. 2 velmi ničena rytím divokých prasat. Rozloha je 20 ha. Zde byla uložena past č. 3.



Obr. č. 7 Pastvina č. 3

Pastvina č. 4 je největší s rozlohou 22ha. Zde je nejdelší vegetační doba, mírná svažitost a nejnižší nadmořská výška. V době předchozího hospodáře tyto pozemky nebyly typu TTP (trvalý travní porost), nýbrž orné. Proto je zde velký podíl leguminóz v kombinaci s kvalitnějšími druhy travin (srha říznačka, jílek vytrvalý, bojínek luční). Skot je zde nejdelší část v roce. Zde byla uložena past č. 4.



Obr. č. 8 Pohled na část pastviny č. 4

Vzhledem ke zdejším klimatickým podmínkám je pastevní sezóna od května do října a zimní krmení probíhá od listopadu do dubna. Zimní krmení se uskutečňuje na pastvině č. 4, kde jsou krávy. Na sousední pastvině jsou odděleni od zbytku stáda plemenný býk a odstavení býčci. Krmivo je tvořeno senem a senáží ze zdejších luk, s doplňkovým přídatkem minerálií ve formě lizů.

Za velmi příznivých podmínek se jedna část vyčlení a nespásá se. Využije se k seči pro výrobu sena nebo senáže a pozdější otava je konzumována dobyt看em. Každá z pastvin je v předjaří ošetřena vláčením a vždy po pastvě skotu jsou posekány nedopasky. Po zimním krmení je odklizen hnůj ze zimoviště.

Preventivní odčervování skotu zde neprobíhá na základě negativního koprologického vyšetření. Tlumení parazitóz je prováděnou společnou pastvou s ovci a koňmi.

Velice negativně působí na biodiverzitu udržovaných luk a pastvin přemnožená populace prasete divokého (*Sus scrofa*), která svým intenzivním a hlubokým rytím narušuje trvalý travní porost (viz obr. č.9). A dává vzniku nekulturním a plevelným rostlinám. Dalším negativním jevem je vyzdvihávání na povrch větších kamenů, které pak znesnadňují údržbu ploch. Vzhledem k tomu, že se jedná o velké plochy a hloubka rytí je až 50-60cm je obnova poškozených pastvin a luk je velmi zdoluhavá a finančně nákladná.



Obr. č. 9 Poničená louka v lokalitě

4.3 Sběr materiálu

Sběr a odchyt brouků byl založen na použití návnadových padacích pastí. Brouci pronikají do pasti s čerstvými kravskými exkrementy. Tento typ pasti využívá vlastnost brouků ve vyhledávání a osídlování výkalů hned v počátečním stádiu rozkladu. Dále tito brouci pronikají do výkalu a dle jednotlivých druhů jej osídlí, nebo zahrabávají do země. Past se skládá z plastové nádoby s pevným nepropustným dnem. Na nádobě je umístěno drátěné chovatelské pletivo s průměry ok přibližně 3cm. Takto připravená past se zakope do země a navrch na pletivo se položí čerstvé výkaly skotu tak, aby pokrývaly celou plochu pasti. Brouci tedy postupně nalétávají a osídlují daný výkal, a jak se postupně provrtávají exkrementem směrem ke dnu, tak propadávají dolu na dno nádoby. Protože celý tento proces zabere určitý čas, tak byla past ponechána na pastvině 7 dní a průběžně se obnovovala návnada. Na každé pastvině byla umístěna jedna past (viz. Tab.č.2).



Obr. č. 10 Vybírání návnadové pasti

Sběr č.	datum odchytu	počet pastí	č. pasti	stanoviště (č. pastviny viz obr.č2)
1	22.9.2013	1	1	1
		1	2	2
		1	3	3
		1	4	4
2	25.5.2014	1	1	1
		1	2	2
		1	3	3
		1	4	4
3	19.8.2014	1	1	1
		1	2	2
		1	3	3
		1	4	4

Tab. č. 2 Podrobné informace o termínech odchytu, pastích a stanovištích

4.4 Vyhodnocení výsledků

Nasbírané druhy byly určeny podle prací Tesař (1957), Balthasar (1964), Hansen (1987) a Vorst (2009).

Druhy byly zařazeny do funkčních skupin podle metodiky Šlachty (2008a). Sestavení snímku funkční struktury komunity umožňuje popsat funkční potenciál a význam této komunity pro přirozenou obnovu pastvin. Byly sledovány skupiny DM, D1, D2, D3. Po konzultaci se školitelem došlo ke sloučení skupin D2+D3.

Byl vypočítán Shannonův index pro každou pastvinu, kde bylo sledováno druhové složení a početnost.

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \ln(p_i)$$

Kde P_i je podíl počtu jedinců i -tého druhu z celkového počtu jedinců všech druhů, S je počet druhů. Čím H' je vyšší, tím je biocenóza tvořena větším počtem druhů a relativně nižší početností.

Statisticky byly vyhodnoceny rozdíly v početnosti funkčních skupin D1 (malé netunelující druhy) a D2+3 (velké netunelující druhy) a taxonomických skupin (Hydrophilidae a Scarabaeidae) mezi odchyty v květnu a v srpnu (v září bylo chyceno málo jedinců) a mezi jednotlivými pastvinami. Byly použity neparametrické testy Mann-Whitneův test a Kruskal-Wallisova Anova pro nezávislé proměnné v rámci programu Statistika (StatSoft. Inc., 2013).

5. VÝSLEDKY

Bylo odchyceno 22 druhů v čtyřech funkčních skupinách (viz tabulka č. 3). V tabulce níže (tabulka č. 4) je seznam všech odchycených brouků z čeledí Scarabaeidae a Hydrophilidae. Zástupci skupiny ST a LT z čeledi Geotrupidae nebyli odchyceni žádní. Všichni sebraní brouci patří do skupiny „sídlenci“, tedy netunelujících druhů. Druhově nejbohatší byla čeleď Hydrophilidae v počtu 12 druhů, dále Scarabaeidae v počtu 10 druhů.

druh	čeleď	skupina
<i>Sphaeridium Scarabaeoides</i> (Linnaeus, 1758)	Hydrophilidae	D2
<i>Sphaeridium lunatum</i> (Fabricius, 1792)	Hydrophilidae	D2
<i>Sphaeridium bipustulatum</i> (Fabricius, 1792)	Hydrophilidae	D1
<i>Sphaeridium</i> sp.	Hydrophilidae	D1
<i>Cercyon minutum</i> (Fabricius, 1792)	Hydrophilidae	D1
<i>Cercyon quisquilius</i> (Linnaeus, 1761)	Hydrophilidae	D1
<i>Cercyon pygmaeus</i> (Illiger, 1801)	Hydrophilidae	D1
<i>Cercyon melanocephalus</i> (Linnaeus, 1761)	Hydrophilidae	D1
<i>Cercyon lateralis</i> (Marsham, 1802)	Hydrophilidae	D1
<i>Cercyon impressus</i> (Sturm, 1807)	Hydrophilidae	D1
<i>Cercyon haemorrhoidalis</i> (Fabricius, 1792)	Hydrophilidae	D1
<i>Cercyon castaneipennis</i> (Vorst, 2009)	Hydrophilidae	D1
<i>Aphodius erraticus</i> (Linnaeus, 1761)	Scarabeidae	D2
<i>Aphodius prodromus</i> (Brahm, 1790)	Scarabeidae	DM
<i>Aphodius pusillus</i> (Herbst, 1789)	Scarabeidae	D1
<i>Aphodius sphaerulatus</i> (Panzer, 1798)	Scarabeidae	DM
<i>Aphodius fossor</i> (Linnaeus, 1761)	Scarabeidae	D3
<i>Aphodius haemorrhoidalis</i> (Linnaeus, 1761)	Scarabeidae	D1
<i>Aphodius cf. pedellus</i> (de Geer, 1774)	Scarabeidae	D2
<i>Aphodius sticticus</i> (Panzer, 1798)	Scarabeidae	D1
<i>Aphodius rufus</i> (Moll, 1782)	Scarabeidae	D2
<i>Aphodius rufipes</i> (Linnaeus, 1758)	Scarabeidae	D3

Tab.č.3 Tabulka čeledí a skupin odchycených brouků

druh	skupina	1.sběr - září 2013				2.sběr - květen 2014				3.sběr - srpen 2014				celk. počet
		č.1	č.2	č.3	č.4	č.1	č.2	č.3	č.4	č.1	č.2	č.3	č.4	
<i>Sph. Scarabaeoides</i>	D2					1		2	2	5	12	1	3	26
<i>Sph. lunatum</i>	D2					38	51	19	64		2	2		176
<i>Sph. bipustulatum</i>	D1					8	3	7	9					27
<i>Sphaeridium sp.</i>	D1										6	2	1	9
<i>C. minutum</i>	D1							1						1
<i>C. quisquilius</i>	D1					5	1	3	2					11
<i>C. pygmaeus</i>	D1					5	4	7	6					22
<i>C. melanocephalus</i>	D1					3	1		2					6
<i>C. lateralis</i>	D1					14	3	12	7	2	3	1	1	43
<i>C. impressus</i>	D1					3								3
<i>C. haemorrhoidalis</i>	D1					2	2		3					7
<i>C. castaneipennis</i>	D1					22	14	13	14					63
<i>A. erraticus</i>	D2					3	6		4					13
<i>A. prodromus</i>	DM				4				1					5
<i>A. pusillus</i>	D1					3		2						5
<i>A. sphacelatus</i>	DM				5									5
<i>A. fossor</i>	D3						3							3
<i>A. haemorrhoidalis</i>	D1					1	1		1					3
<i>A. fimetarius</i>	D2				1									1
<i>A. sticticus</i>	D1								1		1			2
<i>A. rufus</i>	D2									2	1		1	4
<i>A. rufipes</i>	D3									2	4	1	2	9
celkový počet		0	0	0	10	108	89	66	116	11	29	7	8	444
		10				379				55				
	D1	0				185				17				202
	D2	1				190				29				220
	D3	0				3				9				12
DM	9				1				0				10	

Tab. č.4 Kompletní přehled odchycených brouků a zařazení do funkčních skupin

Lokalita pastviny č. 1

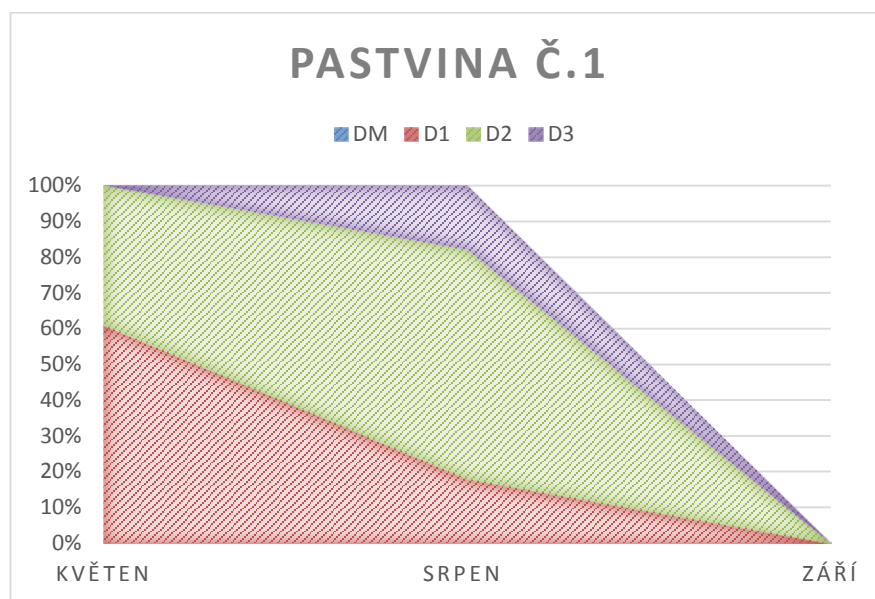
Na pastvině číslo 1 bylo odchyceno celkem 119 kusů brouků v 15 druzích. V měsíci květnu zde bylo zjištěno 61 % brouků skupiny D1, 39 % brouků skupiny D2 a nulové zastoupení skupin DM a D3. V srpnu byly obě skupiny D1 a D3 zastoupeny stejným dílem a to 18 %, D2 převažovalo 64 %, DM měl 0 %.

Sběr brouků v měsíci září se nezdařil z důvodu špatných klimatických podmínek (vydatné přivalové deště).

Viz tabulka č. 5 a obrázek č.11.

Termín odchyty	DM (%)	D1 (%)	D2 (%)	D3 (%)
25.5.2014	0	61	39	0
19.8.2014	0	18	64	18
22.9.2013	0	0	0	0

Tab. č. 5 Relativní zastoupení funkčních skupin koprofágů u pastviny č. 1



Obr. č. 11 Graf relativního zastoupení funkčních skupin koprofágů u pastviny č. 1

Lokalita pastviny č.2

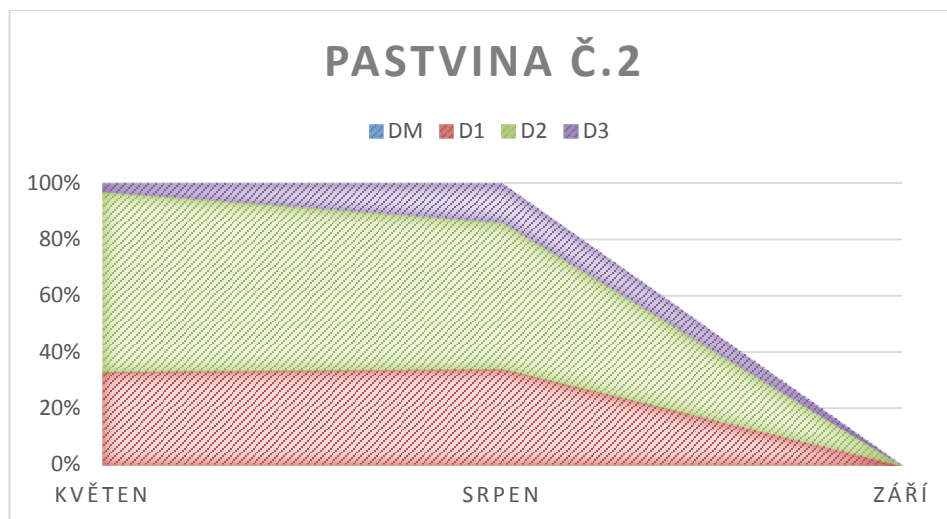
Na 2. pastvině odchyt činil 118 kusů brouků ve 13 druzích. Pastvina číslo 2 měla v procentech: v měsíci květnu 33 % D1, 64 % D2, D3 tvořily 3 % a žádné procento u DM. Srpnový sběr stejně jako květnový neměl žádné DM, 31 % bylo u D1, D2 bylo nejvíce a to 52 % a 14 % měl D3.

Sběr v září nepřinesl žádné výsledky (důvod viz. lokalita pastviny č.1).

Viz tabulka č. 6 a obrázek č.12.

Termín odchyty	DM (%)	D1 (%)	D2 (%)	D3 (%)
25.5.2014	0	33	64	3
19.8.2014	0	34	52	14
22.9.2013	0	0	0	0

Tab. č. 6 Relativní zastoupení funkčních skupin koprofágů u pastviny č. 2



Obr. č. 12 Graf relativního zastoupení funkčních skupin koprofágů v pasti č. 2

Lokalita pastviny č.3

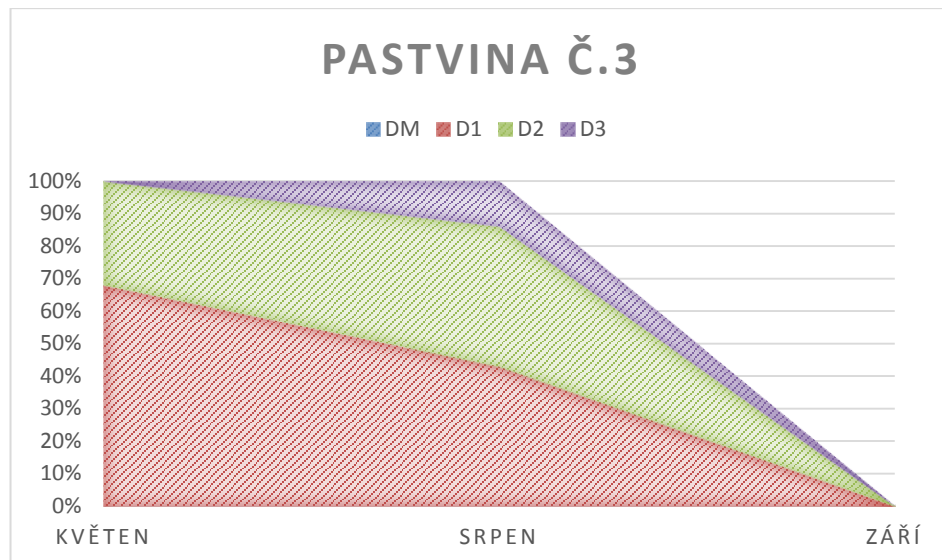
Na 3.pastvině byl nejmenší podíl odchytených brouků se 73 kusy v 10 druzích Na této pastvině byl zjištěn v měsíci květnu 68 % podíl skupiny D1, 32 % bylo zjištěno u skupiny D2 a žádné zastoupení u skupin D3 a DM. Druhý sběr v měsíci srpnu taktéž neměl zástupce DM, ale skupiny D1 a D2 měly obě nastejno 43 %, D3 tvořilo 14 %.

V měsíci září nebyla zjištěna přítomnost brouků (důvod viz lokality pastviny č.1).

Viz tabulka č. 7 a obrázek č.13.

Termín odchytu	DM (%)	D1 (%)	D2 (%)	D3 (%)
25.5.2014	0	68	32	0
19.8.2014	0	43	43	14
22.9.2013	0	0	0	0

Tab. č. 7 Relativní zastoupení funkčních skupin koprofágů u pastviny č. 3



Obr. č. 13 Graf relativního zastoupení funkčních skupin koprofágů u pastviny č. 3

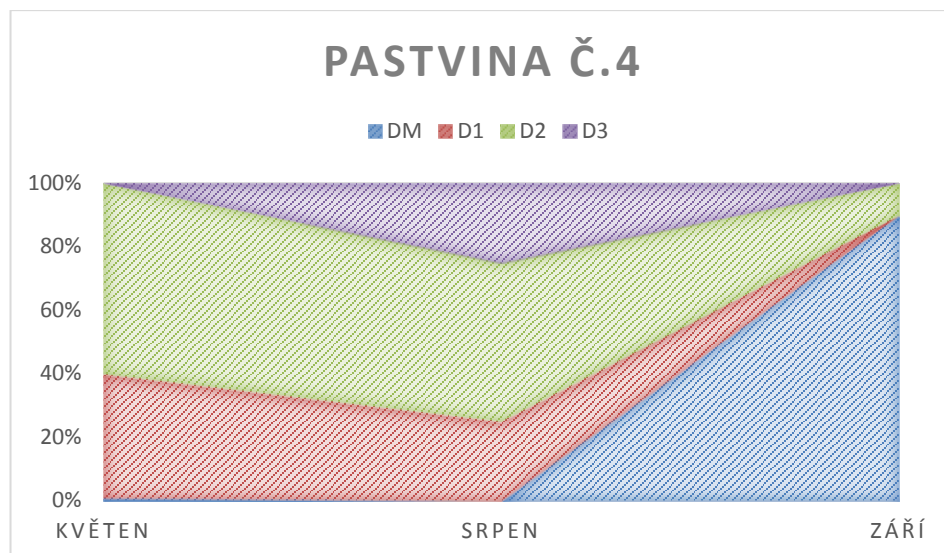
Lokalita pastviny č.4

Na pastvině číslo 4 byla zjištěna nejvyšší diverzita a to 134 odchycených brouků v 15 druzích. Byla zde uložena 4.past a naměřily se tyto údaje: v měsíci květnu bylo DM 1 %, zástupců ze skupiny D1 39 %, brouků skupiny D2 60% a žádní D3. V srpnu bylo 0 % DM, 25 % D1, 50 % D2 a posledních D3 zástupců bylo stejně jako D1 tedy 25 %. V měsíci září se povedlo jediné měření a to na této pasti, kde byl jako u jediné největší podíl skupiny DM 90%, poté 10 % u D2 a 0 % u obou skupin D1 a D3.

Viz tabulka č. 8 a obrázek č.14.

Termín odchyty	DM (%)	D1 (%)	D2 (%)	D3 (%)
25.5.2014	1	39	60	0
19.8.2014	0	25	50	25
22.9.2013	90	0	10	0

Tab. č. 8 Relativní zastoupení funkčních skupin koprofágů u pastviny č. 4



Obr. 14. Graf relativního zastoupení funkčních skupin koprofágů u pastviny č. 4

7.1 Shannonův index

V následujících tabulkách jsou zobrazeny vypočtené hodnoty Shannonova indexu pro jednotlivá období a pasti. Z tabulek je vidět, že sběr, který se uskutečnil 22.9., byl vzhledem k nepříznivému počasí velmi chudý na aktivitu brouků (teplota vzduchu byla přibližně 8°C a deštivé počasí). To se také projevilo ve výpočtech, kde Shannonův index je nulový.

Číslo sběru	2013	2014	H'
1		25.5.	1,747
2		19.8.	1,288
3	22.9.		0
1-3			2,236

Tab. č. 9 Termíny vystavení návnadové padací pasti číslo 1 a vypočítaný Shannonův index (H') pro jednotlivá sezónní období a pro celou sezónu.

Číslo sběru	2013	2014	H'
1		25.5.	1,511
2		19.8.	1,616
3	22.9.		0
1-3			2,094

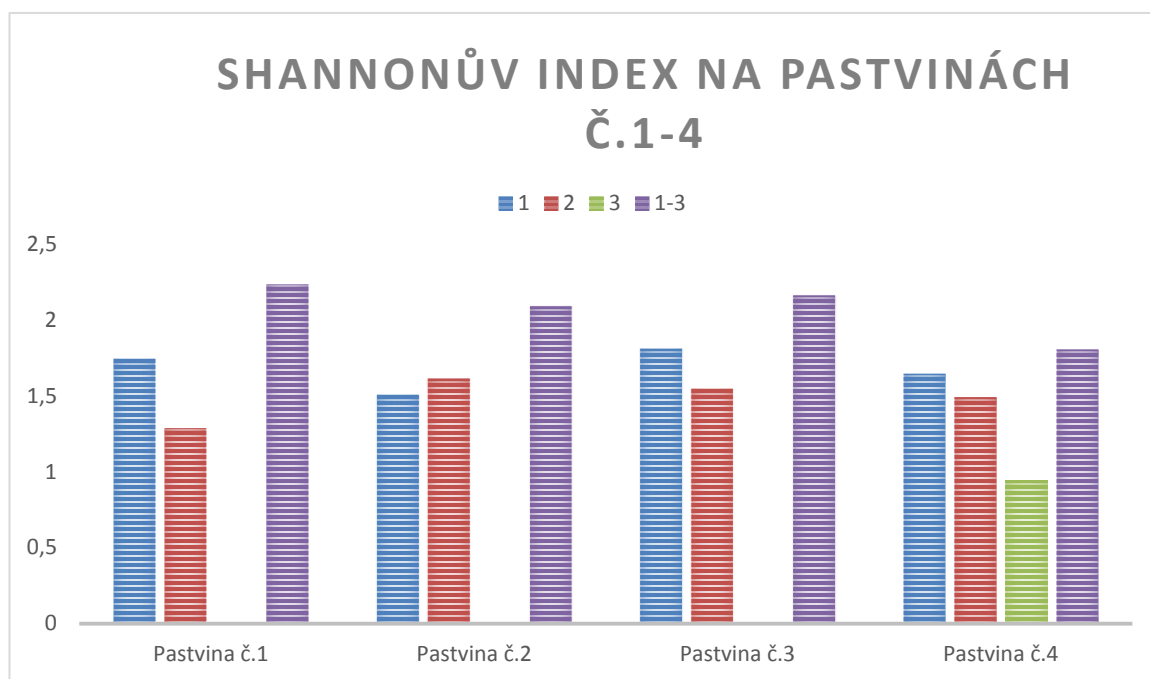
Tab. č. 10 Termíny vystavení návnadové padací pasti číslo 2 a vypočítaný Shannonův index (H') pro jednotlivá sezónní období a pro celou sezónu.

Číslo sběru	2013	2014	H'
1		25.5.	1,812
2		19.8.	1,55
3	22.9.		0
1-3			2,165

Tab. č. 11 Termíny vystavení návnadové padací pasti číslo 3 a vypočítaný Shannonův index (H') pro jednotlivá sezónní období a pro celou sezónu.

Číslo sběru	2013	2014	H'
1		25.5.	1,648
2		19.8.	1,494
3	22.9.		0,943
1-3			1,809

Tab. č. 12 Termíny vystavení návnadové padací pasti číslo 4 a vypočítaný Shannonův index (H') pro jednotlivá sezónní období a pro celou sezónu.



Obr. č. 15 Hodnoty Shannonova indexu pro jednotlivá sezónní období a pro celou sezónu na pastvinách 1-4.

7.2 Mann-Whitneyův U Test

Celková abundance v pastech se lišila mezi obdobími 2 a 3 u funkčních skupin D2+3 i D1 a u Hydrophilidae ($P < 0,05$), nikoliv u Scarabaeidae ($P > 0,05$). Použit byl Mann-Whitneyův test. Mezi pastvinami nebyly průkazné rozdíly ($P > 0,05$).

Mezi jednotlivými pastmi rozdíly v početnosti v těchto dvou obdobích nebyly průkazné u žádné s těchto funkčních nebo taxonomických skupin ($P < 0,05$). Použita byla Kruskal-Wallisova Anova.

K výpočtu Mann-Whitney U Testu byl použit software STATISTICA (StatSoft, Inc. 2013).

Proměnná	Sčet poč. (skup. 1)	Sčet poč. (skup. 2)	U	Z	p-hodn.	Z (upravené)	p-hodn.	N platn. (skup. 1)	N platn. (skup. 2)	2* Istr. (přesné p)
D2+3	26	10	0	2,165064	0,030384	2,165064	0,030384	4	4	0,028571
D1	26	10	0	2,165064	0,030384	2,191308	0,028430	4	4	0,028571
Hy.	26	10	0	2,165064	0,030384	2,165064	0,030384	4	4	0,028571
Sc.	23	13	3	1,299038	0,193932	1,306840	0,191268	4	4	0,200000

Tab. č.13. Mann-Whitneyův U Test ($P < 0,05$)

6. DISKUZE

Tato bakalářská práce se zaměřuje na význam koprofágních brouků pro rozklad výkalů a obnovu travního porostu na pastvinách skotu. Pomocí návnadových pastí byla změřena diverzita společenstva koprofágních brouků. Bylo tak provedeno na pozemcích, které byly ekologicky obhospodařované, a to na 4 stanovištích. Bylo sledováno rozdělení druhů na funkční skupiny. Na sledovaných lokalitách byly zjištěny netunelující druhy. Nejpočetnější odchycenou skupinou byla D2, kterou především tvořil druh *Sp. lunatum*. Dále skupina D1 zastoupená *C. castaneipennis*. Skupina D3 již byla zastoupena jen okrajově a to hlavně druhem *A. rufipes* (česky „hnojník rudonohý“). A poslední skupina DM, která byla odchycena pouze na 4. pastvině a je tvořena dvěma běžnými druhy *A. prodromus* a *A. sphacelatus*.

Z čeledi Scarabaeidae bylo nejvíce zástupců druhu *A. erraticus* (velmi hojný polyfágní druh) a *A. rufipes*. Je to velký druh, který se může ve výkalech vyskytnout ve značném počtu. Vyšší koncentrace brouků může značně napomoci k rychlejšímu rozkladu výkalů. Na rozkladu se podílejí i larvy, které mohou odstranit až 20 % hmoty výkalu (Holter, 1979).

Z čeledi Hydrophilidae byl nejpočetnějším druh *Sp. lunatum*, který penetruje povrchovou krustu výkalů a tím umožní přístup dalším rozkladačům. Druhy *C. castaneipennis* a *C. lateralis* jsou v ČR nejčastěji nalézány v hniјících rostlinných zbytcích a ve výkalech býložravých savců. Časté jsou také nálezy u zdechlin a občas i poblíž nor savců (Boukal a kol., 2007).

V letech 2006 – 2008 proběhlo sledování tří pastvin dojného skotu poblíže Dolního Dvořiště, Volar a Sušice (Šlachta a kol. 2008d). Potvrdila se zde výrazná sezonalita výskytu jednotlivých druhů, složení a struktura společenstev, celková abundance v pastech a diverzita byly v regionálním měřítku podobné. Bylo zde zjištěno, že brouci ze skupiny „sídenci“ mohou mít největší dopad na rozklad výkalů v letním období, především v souvislosti s hojným výskytem vodomilů rodu *Sphaeridium* a s výskytem druhu *A. rufipes*. Největší význam autoři předpokládají u tunelářů, kdy jejich biomasa tvořila v průměru až 33 % celkové biomasy koprofágních brouků. Další sledování proběhlo v letech 2007 a 2008 na pastvině masného skotu v blízkosti Přimdy v západních Čechách (Šlachta a kol. 2009). Nejhojnějšími druhy byly *A. sphacelatus*, *A. prodromus* a *Sp. lunatum*, které dohromady tvořily 63 % chycených jedinců. Nejvíce přínosný z hlediska poskytovaných ekosystémových služeb byl zde opět druh *A. rufipes* a také funkční skupiny tunelářů, kterou tvořily druhy *G. Stercorarius*, *G. spiniger* a *Onthophagus*.

Nejvyšší počet odchycených brouků byl na čtvrté pastvině. Může to být způsobeno tím, že zde probíhá zimní krmení skotu a má nejprůzračnější klimatické podmínky ze všech sledovaných pastvin. Nejméně odchycených bezobratlých bylo na 3. pastvině, která je ze všech sledovaných pastvin nejvýše položená, sousedící s lesními porosty a je také nejchladnější. Nejhojněji se vyskytovali brouci na sledovaných pastvinách v měsíci květnu.

7. ZÁVĚR

Na ekologické farmě v západních Čechách poblíž Mariánských Lázní probíhalo na čtyřech pastvinách měření společenstev koprofágních brouků. Sledování probíhalo v květnu 2014, srpnu 2014 a v září 2013. Celkem bylo odchyceno 22 druhů se 444 jedinci. Nejhojnější co do kvantity byl výskyt koprofágních brouků na 4. pastvině ($H' = 1,809$), nejméně jich bylo nachytáno na 3. pastvině ($H' = 2,165$). Hodnota Shannonova indexu je vzhledem k malému počtu odchycených jedinců na 3. pastvině zkreslena. Nejvíce byla zastoupena čeleď Hydrophilidae, kterou tvořilo 12 druhů a 394 odchycených kusů brouků. Méně početněji byla zastoupena čeleď Scarabaeidae s 10 druhy a 50 kusy odchycených brouků. Zástupci čeledi Geotrupidae nebyli odchyceni žádní. V květnu byla početnost vyšší u obou funkčních skupin než v srpnu ($P > 0,05$), mezi pastvinami nebyly průkazné rozdíly ($P > 0,05$).

Byla sledována funkční struktura koprofágních brouků na všech lokalitách. Ze zástupců skupiny DM byli odchyceni tyto dva druhy: *A. prodromus* a *A. sphacelatus*. Ze skupiny D1 bylo odchyceno 13 druhů, z nichž nejhojnější byli *Sp. bipustulatum*, *C. castaneipennis*, *C. lateralis*. Brouků skupiny D2 bylo odchyceno 5 druhů, nejhojněji se vyskytovaly tyto druhy *Sp. scarabaeoides*, *Sp. lunatum*. Ze skupiny D3 byly odchyceny tyto dva druhy: *A. fossor* a *A. rufipes*. Největší význam pro dekompozici může mít druh *A. rufipes*, který by se mohl ve výkalech vyskytnout ve značném počtu a to především na konci léta .

8. POUŽITÁ LITERATURA

1. BALTHASAR V. (1964): *Monographie der Scarabaeidae und Aphodiidae der palaearktischen und orientalischen Region. Coleoptera: Lamellicornia.* Band 3. Aphodiidae.– Verl. Tschechoslowak. Akad. Wiss., Prag, 652 s.
2. BANG, H.S., LEE, J-H, KWON, O.S., NA, Y.E, JANG, Y.S., KIM, W.H. (2005) : *Effects of paracoprid dung beetles (Coleoptera: Scarabaeidae) on the growth of pasture herbage and on the underlying soil.* Applied Soil Ecology 29: str.165-171
3. BOUKAL, D.,S., BOUKAL, M., FIKÁČEK, M., HÁJEK, J., KLETEČKA, J., SKALICKÝ, S.,ŠTASTNÝ, J.,TRÁVNÍČEK, D. (2007): *Katalog vodních brouků České republiky. Catalogue of waterbeetles of the Czech Republic.* Klapalekiana 43 (Suppl.): 1-289.
4. FOSTER, G. , BENNETT, J. , BATEMAN, M. (2014) : *Effects of ivermectin residues on dung invertebrate communities in a UK farmland habitat. Insect Conservation and Diversity*, volume 7 (1): 64-72
5. GITTINGS, T., GILLER, P.S. (1997): *Live history traits and resource utilisation in an assemblage on north temperate Aphodius dung beetles (Coleoptera Scarabeidae),* Ecography 20, str. 55-66
6. GITTINGS, T., GILLER, P.S, STAKELUM, G. (1994): *Dung decomposition in contrasting temperate pastures in relation to dung beetle and earthworm activity.* Pedobiologia 38: 455–474.
7. HANSEN M. (1987): *The Hydrophiloidea (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark.*– Fauna Entomologica Scandinavica 18: 1–253.
8. HAVRLANT, M., Buzek, L. (1985), *Nauka o krajině a péče o životní prostředí*, Praha, Státní pedagogické nakladatelství, 126 s., ISBN 978-80-71157-559-7
9. HOLTER P. (1979): *Effect of dung-beetles (Aphodius spp.) and earthworms on the disappearance of cattle dung.* Oikos 32: 393–402.
10. HOLTER P., HENDRIKSEN. B. (1988): *Respiratory loss and bulk export of organic matter from cattle dung pats: a field study.* – Holarctic Ecol. 11: 81–86.
11. KALINOVÁ, J. a kolektiv (2007): *Půdní úrodnost, výživa a hnojení rostlin v ekologickém zemědělství.* České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 41 s., ISBN 978-80-7394-029-4
12. KVAPILÍK, J., KOHOUTEK, A. (2009): *Chov přežvýkavců a trvalé travní porosty.* Uplatněná certifikovaná metodika pro praxi, Praha., VÚŽV, 25 s., ISBN 978-80-7403-039-0
13. LUMARET J.P., ERROUSSI F. (2002): *Use of anthelmintics in herbivores and evaluation of risks for the non target fauna of pastures.* Vet. Res. 33: str. 547-562

14. McKANE L., KANDEL J. (1996): *Microbiology: essentials and applications, 2nd edition*. Von Hoffmann, Press, Inc., 843 s. ISBN 0-07-045154-0.
15. MLÁDEK, J., PAVLŮ, V., HEJCMAN, M., GAISLER, J. (2006): *Pastva jako prostředek údržby trvalých travních porostů v chráněných územích*. Praha, VÚRV, 104 s
16. MOUDRÝ, J. a kolektiv (2007): *Ekologické zemědělství*. České Budějovice: JČU v Českých Budějovicích, 219 s., ISBN 978-80-7394-046-1
17. NOVÁK, B. a kolektiv (1991): *Biotechnologie v zemědělství*. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 105 s., ISBN 80-7084-036-6
18. O'HEA, N.M., KIRWAN, L., GILLER, P.S. , FINN, J.A. (2010) *Lethal and sub-lethal effects of ivermectin on north temperate dung beetles, Aphodius ater and Aphodius rufipes (Coleoptera: Scarabaeidae)*. *Insect Conservation and Diversity*, **3**, 24-33
19. ROSYPAL S. a kolektiv (2003): *Nový přehled biologie*. 1. vyd. Scientia: Praha, 797 s. ISBN 978-80-86960-23-4.
20. ŠAFARČIKOVÁ, S.- KOUŘIL, M. (2006): *Živiny v krajině*, Č.Budějovice, DAPHNE ČR- institut aplikované ekologie, 16 s.
21. ŠARAPATKA, B. a kolektiv (2010) : *Agroekologie*. Olomouc: Bioinstitut o.p.s., 440 s., ISBN 978-80-87371-10-7
22. ŠARAPATKA, B., NIGGLI, U., a kolektiv (2008): *Zemědělství a krajina: cesty k vzájemnému souladu*. Olomouc: Univerzita Palackého v Olomouci, 272 s., ISBN 978-80-244-1885-8
23. ŠARAPATKA, B., URBAN, J., a kolektiv (2006): *Ekologické zemědělství v praxi*. Šumperk: PRO-BIO Svaz ekologických zemědělců, 502 s., ISBN 978-80-903583-0-0
24. ŠLACHTA M., FRELICH J., TONKA T., (2009): *Složení společenstva koprofágních brouků (Coleoptera: Scarabaeidae, Geotrupidae, Hydrophilidae) na pastvině masného skotu v západních Čechách-příklad využití návnadových padacích pastí při monitoringu koprofágní fauny*. *Erica* 16, s. 97-112
25. ŠLACHTA M., FRELICH J., TONKA T., (2010): *Function of coprophagous beetles (Coleoptera: Scarabaeidae, Geotrupidae, Hydrophilidae) in cattle pastures inferred from pitfall trapping data*, *J Agrobiol* 27(2): 85–91, 2010. ISSN 1804-2686
26. ŠLACHTA M., FRELICH J., VÁCHAL J. (2008a): *Stanovení funkční struktury společenstva koprofágních brouků*. Uplatněná certifikovaná metodika. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 23 s. ISBN 978-80-7394-118-5.
27. ŠLACHTA M., FRELICH J., VÁCHAL J. (2008c): *Měření půdní aktivity koprofágních brouků*. Uplatněná certifikovaná metodika. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 18 s. ISBN 978-80-7394-119-2

28. ŠLACHTA M., FRELICH J., VÁCHAL J. (2008b): *Měření diverzity koprofágních brouků*. Uplatněná certifikovaná metodika. Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 18 s. ISBN 978-80-7394-117-8.
29. TEICHERT M. (1955): *Biologie und Brutfürsorgemaßnahmen von Geotrupes mutator Marsh. und Geotrupes stercorarius L. (Col.Scarab.)*. Wissenschaftliche Zeitschrift der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Math.-Nat. 5 (2): str. 187–218.
30. TEICHERT M. (1959): *Die bodenbiologische Bedeutung der coprophagen Lamellicornier*. Wissenschaftliche Zeitschrift der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg, Math.-Nat. 8 (6): str. 879–882.
31. TESAŘ Z. (1957) : *Brouci listoroží Lamellicornia II*. Praha., Fauna ČSR 11, 309 s
32. TLAPÁK, V., ŠÁLEK, J., LEGÁT, V. (1992): *Voda v zemědělské krajině*. Praha: Zemědělské nakladatelství Brázda ve spolupráci s MŽP ČR, 320 s., ISBN 80-209-0232-5
33. VORST O. (2009): *Cercyon castaneipennis sp. n., an overlooked species from Europe (Coleoptera: Hydrophilidae)*. – Zootaxa 2054: str. 59–68.
34. VOSTAL, J., PENK, J., (1989): *Hnojení, kvalita produkce a životní prostředí*. České Budějovice: Ministerstvo zemědělství a výživy ČSR, 151 s., ISBN 80-7084-013-7

Elektronické zdroje:

35. Anonym A: *Fotosyntéza* <http://www.biology.webz.cz/fotosynteza.php>
3.11.2014
36. Anonym B: http://www.enviwiki.cz/wiki/Kolob%C4%9Bh_vody 3.11.2014
37. Anonym C: <http://www.meteocentrum.cz/zmeny-klimatu/sklenikovy-efekt-kolobeh-uhliku.php> 7.10.2014
38. Anonym D: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Chrob%C3%A1kovit%C3%AD>
6.12.2014
39. Anonym E:
<http://www.coleoptera.estranky.cz/clanky/hydrophilidae/hydrophilidae.html>
25.10.2014
40. Anonym F :
https://sites.google.com/site/vulkanizmus/vulkanicke_hrozby/atmosfericke_vliv 25.10.2014

41. BERTONE M. a kol., (2006) : *Dung Beetles of Central and Eastern North Carolina Cattle Pastures*:
<http://www.ces.ncsu.edu/depts/ent/notes/forage/guidetoncdungbeetles.pdf>
42. ČUZK: http://www.cuzk.cz/Periodika-a-publikace/Statisticke-udaje/Souhrne-prehledy-pudniho-fondu/Rocenka_pudniho_fondu_2014.aspx 2.1.2015
43. FEEHAN J., (2015) : <http://dungbeetleexpert.com.au/what-are-dung-beetles> 16.3.2015
44. MIHULKA S., (2013) : <http://www.osel.cz/index.php?clanek=6678> 25.8.2014
45. TRNKA F., (2008) : *Sisyphus schaefferi - chrobák vrubounovitý*
<http://www.naturabochemica.cz/sisyphus-schaefferi/> 16.1.2015
46. VONIČKA P., (2012)
: http://krkonose.krnap.cz/index.php?option=com_content&task=view&id=1879&Itemid=38 9.11.2014
47. StatSoft, Inc. (2013). STATISTICA (data analysis software system), version 12. www.statsoft.com
48. HOLLAN J., HANŽLOVÁ B., (2013): *Koncentrace CO2 dosáhla historického milníku* <http://www.zmenaklimatu.cz/cz/novinky/1309-koncentrace-co2-dosahla-historickeho-milniku> 22.1.2015
49. ČERNÝ J., VANĚK V., KOZLOVSKÝ O., (2011)
: <http://zemedelec.cz/hnojeni-dusikem-specifika-a-aplikace/> 22.1.2015
50. VANĚK V., PAVLÍKOVÁ D., BALÍK J., TLUSTOŠ P., (1997): *Dusík v půdě a jeho přeměny* <http://www.agris.cz/clanek/118806> 22.1.2015