

**JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH  
BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA**

Studijní program: B4131 – Zemědělství

Studijní obor: Agroekologie

Katedra: Katedra speciální produkce rostlinné

Vedoucí katedry: prof. Ing. Vladislav Čurn Ph.D.

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**Vliv pěstování energetických rostlin na biodiverzitu**

Vedoucí bakalářské práce: Doc. RNDr. Jaroslav Boháč, DrSc.

Autor bakalářské práce: Dagmar Brusová

České Budějovice, 2015

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Dagmar BRUSOVÁ**  
Osobní číslo: **Z12218**  
Studijní program: **B4131 Zemědělství**  
Studijní obor: **Agroekologie**  
Název tématu: **Vliv pěstování energetických rostlin (řepka a kukuřice) na bi-  
odiverzitu epigeických brouků**  
Zadávací katedra: **Katedra rostlinné výroby a agroekologie**

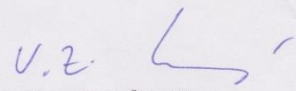
### Zásady pro vypracování:

1. Vypracovat literární rešerši problematiky biodiverzity epigeických brouků na polích řepky a kukuřice.
2. Seznámit se s metodikou odebíráním vzorků a hodnocením biodiverzity epigeických brouků v modelových agroekosystémech.
3. Seznámit se s taxonomií a autekologií základních druhů epigeických brouků vyskytujících se v kulturní krajině na území ČR.
4. Seznámit se statistickými metodami hodnocení vzorků (indexy rozmanitosti a pestrosti, biotický index a ordinace).
5. Odběr vzorků v modelových biotopech.
6. Stanovit druhovou diverzitu a aktivitu společenstev epigeických brouků v modelových agroekosystémech.
7. Určení hlavních faktorů prostředí ovlivňující společenstva epigeických brouků v modelových agroekosystémech. Stanovit stupeň antropogenního ovlivnění společenstev.

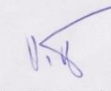
Rozsah grafických prací: grafy, tabulky, fotografická příloha  
Rozsah pracovní zprávy: 50 stran textu vč. tabulek  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická  
Seznam odborné literatury:

- Boháč, J. 1999: Staphylinid beetles as bioindicators. *Agriculture Ecosyst. and Envir.*, 74: 357-372.  
Boháč J., 2003: The effect of environmental factors on communities of carabid and staphylinid beetles (Coleoptera: Carabidae, Staphylinidae). Frouz, J., Šourková, M., Frouzová, J. (eds.): *Soil physical properties and their interactions with soil organisms and roots of plants*, Institute of Soil Biology AS CR, České Budějovice, p. 113-118.  
Boháč J. & Černý J., 2010: Rural settlements as biocentres for carabid beetles (Coleoptera, Carabidae) in agricultural landscape. *The Journal of Central European Agriculture*.  
Hůrka K., 1996: *Carabidae of the Czech and Slovak Republics*. Kabourek, Zlín, 565 pp.  
Hůrka K., Veselý J. & Farkač J., 1996: Using of carabid beetles for bioindication of the environmental quality (in Czech). *Klapalekiana*, 32, p. 15-26.  
Jahnová Z., Boháč J., 2011: Společenstva epigeických brouků (Coleoptera: Carabidae, Staphylinidae) v porostech bylin pro energetické účely. *Acta Mus. Beskid*, 3, p. 131-141.  
Lee J. C. & Landis D. A., 2002: Non-crop habitat management for carabid beetles. In Holland J. M. (ed.): *The agroecology of carabid beetles*. Intercept Limited, Andover, pp. 279 - 303.  
Thomas C. F. G., Holland J. M. & Brown N. J., 2002: The spatial distribution of carabid beetles in agricultural landscapes. In Holland J. M. (ed.): *The agroecology of carabid beetles*. Intercept Limited, Andover, pp. 305 - 344.

Vedoucí bakalářské práce: doc. RNDr. Jaroslav Boháč, DrSc.  
Katedra rostlinné výroby a agroekologie  
Konzultant bakalářské práce: Ing. Zuzana Jahnová  
Katedra rostlinné výroby a agroekologie  
Datum zadání bakalářské práce: 28. února 2014  
Termín odevzdání bakalářské práce: 15. dubna 2015

  
prof. Ing. Milošlav Šoch, CSc., dr. h. c.  
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA  
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH  
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA  
Stužný oddělení  
Studentská 13  
370 02 České Budějovice

  
prof. Ing. Vladislav Čurn, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 28. února 2014

Prohlašuji, že svoji bakalářskou práci jsem vypracovala samostatně pouze s použitím pramenů a literatury uvedené v seznamu citované literatury. 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 (v úpravě vzniklé vypuštěním vyznačených částí archivovaných Zemědělskou fakultou JU) elektronickou cestou ve veřejně přístupné části databáze STAG provozované Jihočeskou univerzitou v Českých Budějovicích na jejích internetových stránkách, a to se zachováním mého autorského práva k odevzdanému textu této kvalifikační práce. Souhlasím dále s tím, aby toutéž elektronickou cestou byly v souladu s uvedeným ustanovením zákona č. 111/1998 Sb. zveřejněny posudky školitele a oponentů práce i záznam o průběhu a výsledku obhajoby kvalifikační práce. Rovněž souhlasím s porovnáním textu mé kvalifikační práce s databází kvalifikačních prací Theses.cz provozovanou Národním registrem vysokoškolských kvalifikačních prací a systémem na odhalování plagiátů.

V Českých Budějovicích dne: .....

.....

Dagmar Brusová

Děkuji, Doc. RNDr. Jaroslavu Boháčovi za ochotu, trpělivost a pomoc při zpracování mé bakalářské práce

Dále děkuji své rodině a přátelům za trpělivost v průběhu psaní bakalářské práce.

**Abstrakt:**

Bakalářská práce se zabývá hodnocením vlivu pěstování řepky olejky (*Brassica napus* subsp. *napus*) a kukuřice seté (*Zea mays* L.) na diverzitu a aktivitu společenstev epigeických brouků. Počet monokultur energetických rostlin v posledních letech roste, což má vliv na mnoho různých aspektů krajiny a životního prostředí. Práce přináší údaje o zastoupení jednotlivých druhů epigeických brouků v energetických kulturách a hodnotí hlavní faktory, které ovlivňují populaci daných druhů a zastoupení jednotlivých druhů ve sledovaných porostech. V této práci je možné se seznámit s metodikou odebrání vzorků, taxonomií základních druhů a statistickými metodami hodnocení vzorků.

Klíčová slova: energetické rostliny, biodiverzita, epigeičtí brouci, biomasa

**Abstract:**

Thesis deals with the evaluation of the impact of the cultivation of oilseed rape (*Brassica napus* subsp. *Napus*) and maize (*Zea mays* L.) at the diversity and activity of communities epigeic beetles. Number of monocultures of energy crops grown in recent years, which has an impact on many different aspects of the landscape and the environment. Work provides data on the representation of individual species of beetles in epigeic energy crops and evaluate the key factors that affect the population of the species in question and the representation of individual species studied stands. In this work it is possible to get acquainted with the methodology of sampling, taxonomy basic types of statistical methods and evaluation samples.

Keywords: power plants, biodiversity, epigeic beetles, biomas

## Obsah:

1. Úvod .....	9
2. Literární rešerše .....	10
2.1 Energetické rostliny .....	10
2.2.1 Pěstování energetických rostlin v ČR .....	11
2.1.2 Typy a druhy energetických rostlin .....	12
2.1.2.1 Lignocelulózové energetické rostliny .....	12
2.1.2.2 Olejnaté energetické rostliny .....	16
2.1.2.3 Škrobnato - cukernaté energetické rostliny .....	17
2.1.3 Kukuřice setá jako energetická rostlina .....	17
2.1.3.1 Historie a původ kulturní kukuřice .....	17
2.1.3.2 Produkce bioenergie z kukuřice .....	18
2.1.3.3 Výroba bioetanolu z kukuřice .....	18
2.1.3.4 Výroba bioplynu z kukuřice .....	19
2.1.3.5 Kukuřičná sláma .....	20
2.1.4 Řepka olejka jako energetická rostlina .....	20
2.1.4.1 Historie a původ řepky a příbuzných druhů .....	20
2.1.4.2 Výroba a využití bionafty .....	21
2.1.4.3 Využití čistého řepkového oleje jako paliva .....	22
2.1.4.4 Využití slámy z řepky .....	22
2.2 Biodiverzita .....	23
2.2.1 Biodiverzita a pěstování en. rostlin .....	24
2.2.2 Biodiverzita epigeických brouků .....	25
2.2.3. Metody hodnocení biodiverzity .....	28
2.2.3.1 Indexy diverzity .....	29
2.2.3.2 Biotické indexy .....	30
2.2.3.3 Vícerozměrné metody hodnocení .....	31
2.2.3.4 Vzorkování biodiverzity .....	31
3. Cíle práce .....	32
4. Materiál a metodika .....	33
4.1 Odběr vzorků .....	33
4.2 Charakteristika lokalit .....	33
5. Výsledky .....	35
5.1 Diverzita a aktivita epigeických brouků na daných lokalitách .....	35

5.2 Hodnocení biodiverzity daných lokalit.....	38
5.3 Hodnocení antropogenních vlivů na ekosystém.....	39
6. Diskuse.....	41
7. Závěr.....	44
8. Přehled použité literatury a zdrojů.....	45
9. Seznam použitých zkratk.....	50
10. Přílohy.....	51



## 1. Úvod

V posledních letech došlo k nárůstu pěstování energetických rostlin v ČR, především monokultury řepky olejky (*Brassica napus* subsp. *napus*) a kukuřice seté (*Zea mays* L.). Právě na tyto dvě rostliny jsem se zaměřila ve své práci. Pěstování monokultur má bezpochyby vliv nejen na vzhled krajiny, ale i na biodiverzitu, což je výsledkem již několika odborných prací. Rozsáhlé monokultury řepky olejky (*Brassica napus* subsp. *napus*) mají ze zemědělského a praktického hlediska mnoho výhod v agrotechnických postupech, ale je důležité zhodnotit a posoudit faktory, které mohou i nepříznivě ovlivňovat společenstva jiných organismů, kterých se toto uměle změněné prostředí týká.

Také pěstování kukuřice seté (*Zea mays* L.) na velké ploše mění charakter krajiny, proto je nutné zhodnocení vlivů na jednotlivá společenstva živočichů. Z praktických důvodů jsem se zaměřila na hodnocení biodiverzity u skupiny epigeických brouků v modelových agroekosystémech. Po dobu jedné sezóny (2015) jsem odebírala vzorky na daných kulturách. Pro odběr vzorků jsem zvolila metodu zemních pastí.

Cílem mé práce je zhodnotit problematiku diverzity epigeických brouků v monokulturách energetických rostlin, konkrétně v kultuře řepky olejky (*Brassica napus* subsp. *napus*) a kukuřice seté (*Zea mays* L.). Hlavním cílem byl odběr epigeických brouků v modelových agroekosystémech, poté určit dominantní druhy v daných porostech.

## 2. Literární rešerše

### 2.1 Energetické rostliny

Energetické rostliny či plodiny jsou cíleně pěstované rostliny na orných půdách, které lze energeticky využít. Energi z energetických rostlin je možné získat několika způsoby. Sklizeň energetických rostlin je dále označována jako biomasa, což je veškerá hmota organického původu. Přesněji organickou hmotu získanou z rostlin označujeme jako fytomasu a organickou hmotu z rychle rostoucích dřevin označujeme jako dendromasu. Základní technologie při zpracování energetických rostlin je spalování (především rychle rostoucích dřevin), lisování semen olejnatých rostlin, fermentace cukru, pyrolýza suché biomasy a další chemické a biochemické procesy. Energetické rostliny jsou obecně děleny na rostliny bylinného a dřevitého charakteru. Pěstování energetických rostlin a využívání biomasy je v posledních letech, a to nejen u nás, ale i v celosvětovém měřítku velmi atraktivním zdrojem energie. Spotřeba energetických zdrojů a to především fosilních paliv jako je ropa, zemní plyn, uhlí stále narůstá, to je důvod, proč se stále častěji hovoří o obnovitelných zdrojích energie. Důvodem je také to, že těžba fosilních paliv je oproti alternativním zdrojům energie ekonomicky a energeticky náročnější. Důsledkem toho je neustále rostoucí závislost na dovozu fosilních paliv z často politicky a ekonomicky nestabilních regionů (Havlíčková, 2007).

Země EU mají samozřejmě horší možnosti při hledání nových nalezišť ropy a dalších fosilních paliv, proto jsou obnovitelné zdroje energie a to především energie z biomasy vhodnou alternativou. Evropská unie požaduje, aby v roce 2015 činil podíl na spotřebě energie z obnovitelných zdrojů 15%. Zákon 180/2005 Sb. o využívání obnovitelných zdrojů energie na období 2006-2009 obsahuje řadu motivačních opatření, která by měla podpořit rychlejší nárůst podílu rostlinné biomasy, která by měla představovat dvě třetiny energie z obnovitelných zdrojů (Stražil a kol., 2011). Obnovitelné zdroje energie mají oproti fosilním palivům další nespornou výhodu a to tu že, pomáhají snižovat rizika změny klimatu následkem antropogenních činností. Podle Havlíčkové (2007) jsou energetické procesy odpovědné za podstatnou část emitovaných skleníkových plynů a to především emisí oxidu uhličitého oproti tomu obnovitelné zdroje jsou svojí podstatou tzv. „nefosilními zdroji“, to znamená, že při jejich užití nedochází k uvolňování dlouhodobě vázaného skleníkového plynu CO<sub>2</sub> a

současně k rychlému nevratnému narušení přírody a životních podmínek. Pěstování energetických rostlin a následné využití biomasy představuje celou řadu rostlinných materiálů a hodnotných surovin, které lze využívat.

Havlíčková (2007) uvádí, že biomasa hraje ve struktuře užití OZE v ČR dominantní roli, protože tvoří cca 65% z celkové spotřeby obnovitelných zdrojů energie. V roce 2004 se díky nově zavedené podpoře spalování biomasy pro výrobu elektřiny začala relativně prudce zvyšovat poptávka po zbytkové biomase především v podobě dřevní štěpky.

### **2.2.1 Pěstování energetických rostlin v ČR**

Zemědělská půda po mnoho generací zaujímá ve střední Evropě více než polovinu povrchu. V poslední době nebyla nijak podstatně rozšiřována, nýbrž spíše drasticky omezována v důsledku prostorových nároků obyvatelstva (Reichholf, 1999). Výměra zemědělské půdy v ČR aktuálně činí 4,2 mil. ha. Rozhodující část této plochy 3 mil. ha (71 %) představuje orná půda, na které jsou v rámci osevních postupů střídány jednotlivé plodiny podle pěstitelských oblastí a vlastního zaměření. Trvalé kultury tvoří trvalé travní porosty (978 tis. ha), zahrady a ovocné sady (209 tis. ha), vinice (19 tis. ha) a chmelnice (10 tis. ha), ([www.zemedelskekomodity.cz](http://www.zemedelskekomodity.cz)). Vzhledem k současným cílům EU v rozvoji OZE do roku 2020 (20 % podílu OZE na celkové spotřebě energetických zdrojů) můžeme v regionu střední Evropy v následujících letech a desetiletích očekávat rychlý růst užití biomasy pro energetické účely, včetně výroby kapalných biopaliv (Kolektiv autorů- Sborník Mezinárodní konference, Biomasa & Energetika, 2009).

Podle Havlíčkové (2007) byli energetické rostliny a biomasa v českých zemích využívány poměrně nedávno, v období od konce 1. světové války do konce 2. světové války, k výrobě značného množství biopaliv jako je líh, dřevěné uhlí, dřevoplyn nebo přímo k získání energie. V současnosti můžeme rozdělit biomasu na dva typy podle jejího získávání, na biomasu zbytkovou a záměrně produkovanou biomasu. Pěstování energetických rostlin v českých zemích zaznamenalo nárůst především při počátcích pěstování řepky olejky (*Brassica napus* L. var. *napus*). V Československu byl začátkem osmdesátých let uskutečněn velmi rychlý a komplexní přechod na pěstování odrůd ozimé řepky bez kyseliny erukové, který

vytvořil pro zpracovatelský průmysl zdroj dieteticky nezávadné suroviny (Fábry a kol., 1992).

V současnosti se v ČR pěstují pro energetické účely: řepka olejka, kukuřice setá, lilek brambor, rychle rostoucí dřeviny, obiloviny, energetické trávy, konopí seté, topinambur hlíznatý a jiné.

### **2.1.2 Typy a druhy energetických rostlin**

Energetické rostliny je možno rozdělit podle různých faktorů. Podle Petříkové (2012) je získávání fyto-masy z energetických rostlin, možno rozdělit na skupinu rostlin, které jsou cíleně pěstované a na rostliny, které jsou pěstovány pro jiné účely, ale jejich části či zbytky při zpracování lze použít na výrobu energie. Cíleně pěstované rostliny je možno ještě rozdělit na rychle rostoucí dřeviny a na energetické byliny. Energetické rostliny lze také rozdělit dle doby růstu rostliny na jednoleté a víceleté. Energetické byliny lze ještě rozčlenit podle botanického zařazení na obiloviny, trávy a skupinu dvouděložných rostlin, zpravidla netradiční, přesto pěstované na zemědělské půdě především kvůli vysokým výnosům nebo rostliny planě rostoucí.

#### **2.1.2.1 Lignocelulózové energetické rostliny**

Podle Kužela, Peterky a Koláře (2010) se do skupiny lignocelulózových rostlin řadí rostliny, které mají ve svých pletivech obsaženou látku zvanou lignocelulóza. Lignocelulóza je komplex kombinací dvou polymerních sacharidů hemicelulózy, celulózy a ligninu, polymeru založeném na fenylypropanu. Společně pak tvoří skelet stěny rostlinných buněk. Termín lignocelulóza byl zaveden dvěma britskými objeviteli „celulózo-xanthogenátového procesu“ E. J. Bevanem a Ch. F. Grossem.

Do skupiny lignocelulózových energetických rostlin patří tedy RRD (rychle rostoucí dřeviny), obiloviny, travní porosty a ostatní rostliny (konopí seté, čirok, křídlatka japonská, šťovík krmný).

## Rychle rostoucí dřeviny (RRD)

Podle Havlíčkové (2007) jsou rychle rostoucí dřeviny schopné velmi vysokého výnosu nadzemní biomasy v krátkém obmytí 3-6 let a životností 20-35 let, jejich růst a zejména objemová produkce (t/ha/rok) v prvních letech nebo po opakovaném seříznutí výrazně převyšuje průměrné hodnoty ostatních dřevin. Mezi nejvýznamnější rychle rostoucí rostliny patří topoly a vrby. Topolové a vrbové lesy se již od pradávna přirozeně vyskytovaly u velkých toků evropských řek. Kohout a kol. (2010) uvádí, že se dnes v Evropě pěstuje přes 30 000ha vrbových a topolových plantáží. Rychle rostoucí dřeviny se vyznačují velkou variabilitou. Nejdůležitějšími parametry při využití RRD je spalné teplo a výhřevnost, která se stanovuje výpočtem na základě určeného spalného tepla a zjištění obsahu vody (Cejlak, Boháč, 2008).

Topoly (*Populus sp.*) se řadí do čeledi vrbovitéch (*Salicaceae*) a vzájemným křížením, ať už samovolným nebo řízeným člověkem, vytvářejí topoly různé poddruhy, odrůdy a kultivary.

Nejběžnější druhy topolů (*Populus sp.*) pěstované pro energetické účely podle Kohouta a kol.(2010):

- Topol černý (*Populus nigra L.*) – je euroasijská dřevina rostoucí na rozsáhlém území. V ČR roste i na chudších půdách a šterkových náplavách. Topol černý dorůstá 30-40 m výšky a průměru kmene 1-2 m. Řadí se k tzv. světlomilným pionýrským dřevinám.
- Topol Maximovičův (*Populus maximoviczii Henry*) – je to asijský druh. Do Evropy byl dovezen koncem 19.století, více klonů bylo dovezeno až po 2.světové válce, nenašel však žádné výrazné uplatnění v krajině nebo pro produkci dřeva.
- Topol chlupatoplodý (*Populus trichocarpa Torr. & A. Gray*) – je severoamerický druh. Je to dlouhověký strom, který může dorůst až do výšky 60 metrů. Dřevo je široce využíváno.
- Topol korejský (*Populus koreana Rehd.*) – je to asijský druh, který byl do Evropy dovezen ve 30. letech minulého století. Roste dobře na bohatých a těžkých půdách s nedostupnou hladinou podzemní vody.

- Topol bavlíkový (*Populus deltoides Marsh.*) – je to severoamerický druh, do Evropy přivezen okolo roku 1700. Je pěstován pouze na pokusných plochách.
- Topol balzámový (*Populus balsamifera L.*) – je také druh pocházející ze Severní Ameriky. Dobře roste v imisemi znečištěných oblastech.
- Topol berlínský (*Populus x berolinensis Dippel*) – je kříženec topolu vavřínolistého (*Populus laurifolia Ladeb.*) s topolem vlašským (*Populus nigra L.*).
- Topol Simonův (*Populus simonii Carr.*) – východoasijský druh. V ČR pěstovaný klon má ekologické vlastnosti přizpůsobené kontinentálnímu klimatu.
- Topol bílý (*Populus alba L.*) – je označován jako euroasijský druh. Je snášenlivý vůči záplavám i vůči poklesu podzemní vody.

Vrby jsou na rozdíl zastoupeny vesměs na všech světadílech, podle Kohouta (a kol., 2010) se vrby vyskytují spíše v severním chladnějším mírném pásu. V ČR je evidováno asi 26 druhů vrb (KOHOUT a kol., 2010).

Zde jsou nejvýznamnější a nejběžnější druhy vrb podle Kohouta (a kol., 2010):

- Vrba bílá (*Salix alba L.*) – patří do skupiny stromových vrb. Původnost vrby bílé je neprokazatelný vzhledem k častému využití v kulturách.
- Vrba košíkářka (*Salix viminalis L.*) – je původní na evropském kontinentu. Je vhodná pro biologickou ochranu vodních toků, protože brání plevelům v zarůstání břehů.
- Vrba jíva (*Salix caprea L.*) – vyskytuje se především v lesích, bažinách a na rašelinistích. V ČR je to nejběžnější vrba, protože není náročná, co se týče klimatických a stanovištních podmínek.

### **Energetické obiloviny**

Pro energetické účely se z obilnin využívají posklizňové zbytky především sláma. Podle Petříkové (1999) je využívání slámy ke spalování poměrně výhodný zdroj energie, ale objevují se i námitky, že je pro půdu důležitá sláma zaorat, aby se živiny v organické hmotě vrátily zpět do půdy. Sláma se také využívá v zemědělství při chovu hospodářských zvířat jako podestýlka. Nejvíce se využívá ke spalování

sláma pšeničná, protože se pěstuje na mnoha plochách, ale vhodné k výrobě energie je i spalování slámy žita a triticales. Je možné použít i ječnou slámu, pokud ji není třeba použít ke krmení skotu. V tomto případě je vhodnější sláma ječmene ozimého, který mívá zpravidla vyšší výnosy než ječmen jarní (Petříková, 1999).

Podle Petříkové má také pěstování energetických obilovin nespornou výhodu v tom, že je technologie jejich produkce i sklizně zemědělci důvěrně známa a že zde není třeba žádné speciální mechanizace. Sklizeň lze zajistit posekáním na řádky a po doschnutí celý objem hmoty sebrat a slisovat do balíků. Pro spalování slámy (i celých rostlin včetně zrna) jsou pro větší kotelny (např. komunální) výhodnější hranaté balíky obřích rozměrů, o hmotnosti 300 nebo 500 q, než balíky maloobjemové, či válcové.

### **Travní porosty**

Trvalé travní porosty (TTP) zaujímají v České republice dle evidence katastru nemovitostí Českého úřadu zemědělského a katastrálního výměru 974 tis. ha, to je 22,8% z celkové zemědělské půdy (STRAŠIL a kol., 2011). Některé druhy trav dosahují vysokých výnosů, proto využívání jejich biomasy může být využito na výrobu energie. Trávy jsou jednoleté nebo vytrvalé rostliny patřící do čeledi *lipnicovité (Poaceae)*. Fytomasa jednoletých a víceletých bylin se podílí na využití přebytečné půdy pro pěstování energetických rostlin, účelné údržbě krajiny a i vytvoření nových pracovních míst v regionu (Havlíčková, 2007).

Nejvýznamnější druhy trav využívané v energetice podle Strašila a kol. (2011)

- Chrastice rákosovitá (*Phalaris arundinacea L.*)
- Sveřep bezbranný (*Bromus inermis L.*)
- Srha laločnatá (*Dactylis glomerata L.*)
- Ovsík vyvýšený (*Arrhenatherum elatius L.*)
- Kostřava rákosovitá (*Festuca arundinacea Schreb.*)

### **Ostatní lignocelulóznové rostliny využívané pro energetické účely**

Krmný šťovík (*Rumex*) je statná rostlina vysoká 1,5 – 2m, která od 2. roku po založení kultury dosahuje výnosu okolo 10t/ha suché hmoty. Při dodržení správných pěstitelských postupů zajistí tato plodina dostatek fytomasy jako vhodného paliva po

několik po sobě následujících let, hned od 2. roku po zasetí. Využívání této rostliny se u nás v ČR začíná rozvíjet. Osevní plochy této rostliny se rozšířily na několik set hektarů půdy po celé ČR (Havlíčková, 2007)

Světlice barvířská (*Canthamus tinctorius L.*) také vytváří relativně velké množství slámy, kterou nelze v době plné zralosti semene dobře zkrmovat nebo použít na podestýlku, proto se uvažuje o jejím využití ve fytoenergetice. Spalné teplo sušiny slámy je 17,78 GJ/t a u semene 24,93 GJ/t (Petříková, 1999).

Konopí seté (*Canabis sativa L.*) je velmi zajímavá technická plodina, je možné ji využívat k celé škále různých výrobků, nejen v textilním průmyslu, ale i pro fytoenergetické účely. Pro přímé spalování lze s úspěchem využívat i pazdeří a další odpady po jeho zpracování na vlákna, či papír atd. Velmi dobré výsledky byly získány se spalováním celých rostlin, neboť konopí se vyznačuje poměrně bohatou energetickou výtěžností. Spalné teplo konopí dosahuje až 18 MJ/ kg (Petříková, 1999).

Čirok (*Sorghum Adams*) je možné sklízet jak na podzim, tak i na jaře, ale při jarní sklizni dochází k mírnému poklesu spalného tepla. Energetický obsah 1kg sušiny fytomasy čiroku je ekvivalentní k 1kg hnědého uhlí (Havlíčková, 2007)

Křídlatky (*Reynoutria*) jsou vytrvalé byliny patřící do čeledi rdesnovité (*Polygonaceae*). V ČR se objevuje *Reynoutria sachalinensis* (F. Smidt) (křídlatka sachalinská) a *Reynoutria japonica* Houtt. (křídlatka japonská). Vzhledem k velké konkurenční schopnosti, k časnému zaplevelování a schopnostem se nekontrolovatelně šířit patří křídlatky v současné době mezi invazní plevelné druhy v Evropě (Havlíčková, 2007). Lze tedy říci, že v poslední době, s ohledem na vysoké výnosy sušiny fytomasy z plochy, lze tuto rostlinu používat k produkci fytomasy a využívat ji jako energetickou rostlinu.

### **2.1.2.2 Olejnaté energetické rostliny**

Olejniný jsou velmi významnými zemědělskými plodinami, mimo to, že zabezpečují výživu lidí, jsou i důležité pro průmyslové zpracování. Jsou také důležitým zdrojem krmiv pro živočišnou výrobu. Rostlinné tuky a oleje jsou velmi



perspektivní surovinou především pro chemický průmysl a také jako zdroj obnovitelné energie a tudíž i možná náhrada za fosilní zdroje. V roce 1989 bylo vyprodukováno ve světě více než 200 mil. tun olejnatých semen (Fábry a kol., 1992). Olejninu mohou být jednoleté nebo vytrvalé, nebo také jednoleté – přezimující. Mezi olejnaté rostliny se obecně řadí řepka olejka (*Brassica napus*) a jí podobné druhy z čeledi *Brassicaceae* (brukvovitých), len setý (*Linum usitatissimum* L.), slunečnice roční (*Helianthus annuus* L.) a další druhy slunečnic, mák setý (*Papaver somniferum* L.) a další druhy máku, ale také podzemnice olejná (*Arachis hypogaea*). Pro energetické účely se v ČR využívá ve větším významu pouze řepka olejka (*Brassica napus*).

Rozšíření výroby olejnin a to především řepky olejky (*Brassica napus*) bylo umožněno ekonomickou výhodností pěstování, která se projevovala v docilování uspokojivé míry rentability (Fábry a kol., 1992).

### **2.1.2.3 Škrobnato - cukernaté energetické rostliny**

Mezi škrobnaté a cukernaté rostliny se řadí lilek brambor (*Solanum tuberosum*), cukrová řepa (*Beta vulgaris* var. *altissima*), třtina cukrová (*Saccharum officinarum*), ale někdy i kukuřice setá (*Zea mays* L.) vzhledem k vysokému obsahu škrobu. Rostliny obsahující škrob a jiné cukry se v energetickém průmyslu dají využít na výrobu paliva pro spalovací motory. Principem výroby tohoto paliva je alkoholové kvašení. Jedná se o organickou fermentaci rostlin obsahující škrob a cukr v mokřém prostředí, následuje destilace a výsledkem je vysokoprocentní ethanol, který se následně využívá jako ekologické palivo (Kužel a kol., 2010).

### **2.1.3 Kukuřice setá jako energetická rostlina**

#### **2.1.3.1 Historie a původ kulturní kukuřice**

Zimolka a kol. (2008) uvádí, že význam kukuřice seté (*Zea mays* L.) pro lidstvo je zřejmý už jen z toho, že se v současnosti pěstuje v pěti světadílech, protože po objevení Ameriky se tato plodina rozšířila po celém světě, společně s pšenicí a rýží je kukuřice nejdůležitější obilninou ve výživě lidí. Kukuřice se také využívá jako významná krmná, průmyslová a energetická plodina. Vznik a původ kulturní

kukuřice ještě nejsou vysvětleny. Dosavadní archeologické nálezy částí rostlin kukuřice, vymezení oblasti původu a jejího postupného rozšiřování, pokud jde o místo a čas, ukazují na dvě zeměpisné oblasti, středoamerickou a jihoamerickou (Zimolka a kol. 2008). První písemné dokumenty se datují až od objevení Ameriky, ale její pěstování bylo dokázáno již v nejstarších peruánských a mexických kulturách (Zimolka a kol., 2008). V ČR se pěstování kukuřice seté (*Zea mays L.*) rozšířilo až na počátku 20. století, především se zaváděním hybridního osiva. Dnes převažují dva hlavní směry využití této plodiny: na zrno a na siláž. Rozvíjí se také nové alternativní využití kukuřice pro výrobu obnovitelných zdrojů energie (bioetanol, bioplyn, biomasa).

#### **2.1.3.2 Produkce bioenergie z kukuřice**

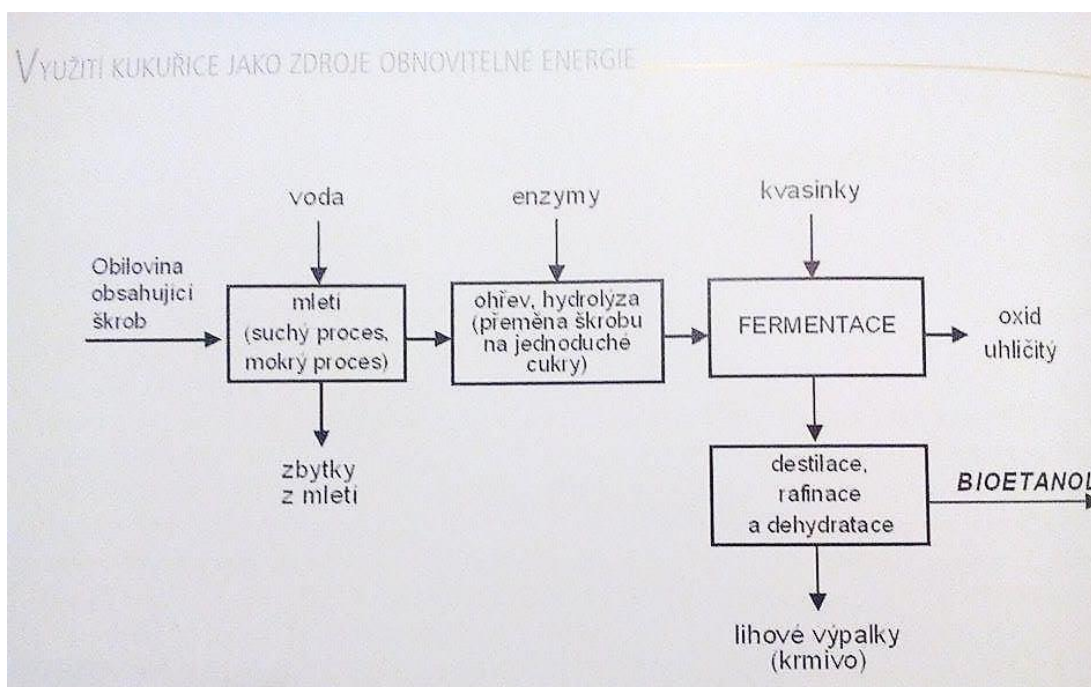
Podle Zimolky (2008) má kukuřice ze všech našich kulturních plodin vůbec nejvyšší výnosový potenciál. Pro tuto plodinu se zároveň vyvinuly a technologicky optimalizovaly systémy pěstování, sklizně, přepravy a konzervace. Většina zemědělských podniků je vybavena veškerou mechanizací, která je potřeba na produkci kukuřice na zrno (bioetanol) a k silážování (bioplyn).

#### **2.1.3.3 Výroba bioetanolu z kukuřice**

(výroba bioetanolu podle Zimolky, 2008)

V současnosti je u kukuřice primární produkce bioetanolu ze zrna, ale v souvislosti s produkcí potravin a krmiv by bylo zřejmě vhodnější produkovat bioetanol ze zbytků po sklizni zrna. Kukuřičné zrno poskytuje škrob, nikoliv fermentované cukry, proto musí zrno před fermentací projít alkoholovým kvašením. Celý proces výroby bioetanolu zahrnuje tyto fáze: zbavení zrna klíčků, mletí (suché a mokré), separace endospermu, zkapalňování, hydrolýza škrobu, fermentace, destilace a dehydratace viz Obrázek č 1. Výsledný etanol se dále denaturuje přidáním 2-5% benzínu. Vedlejšími produkty jsou pevné zbytky, které se dají použít jako krmivo a oxid uhličitý (Zimolka, 2008).

Obrázek č. 1: Výroba bioetanolu z kukuřice seté (*Zea mays* L.)



Zdroj: Technicko-ekonomická analýza vhodných alternativních paliv v dopravě VŠCHT Praha, 2009

Obecně platí, že z jedné tuny kukuřičného zrna s 65 % škrobu lze vytěžit 400l etanolu a 340 kg suchých výpalků jako vedlejšího produktu. Z 1 ha plochy tedy lze vytěžit až 32hl etanolu a 2,7 t suchých výpalků (Zimolka, 2008).

#### 2.1.3.4 Výroba bioplynu z kukuřice

Kukuřice je pro anaerobní fermentaci ideální plodinou ve formě kukuřičné siláže. Ta je schopná zajistit po celý rok kvalitativně stejné parametry vstupní suroviny do BPS (bioplynové stanice) s vhodným chemickým složením. Pro zlepšení podmínek fermentoru bývá do substrátu přidáváno i zrno kukuřice, které má vysokou vlhkost (Zimolka, 2008). Podrobná analýza technik v BPS je nad rámec této práce a je podrobně popisována v jiných publikacích. Podobně jako u produkce bioetanolu je i při produkci bioplynu nutné zajistit homogenní porost. U kukuřice je pro efektivnost při produkci bioplynu požadován vysoký výnos silážované hmoty, 50 – 70 t/ha. Produkce bioplynu je sledovaná statistikami MPO ve formě vyrobené elektrické energie. V EU převládá podíl plyných paliv ze skládek komunálního odpadu (cca 65%), v ČR je většina produkce bioplynu z kalů čističek odpadních vod (ČOV) asi 57% (Zimolka,2008).

### **2.1.3.5 Kukuřičná sláma**

Kukuřice setá (*Zea mays L.*) má relativně široké využití v energetickém průmyslu, nejen při výrobě bioetanolu a bioplynu (uvedené výše), ale i při produkci kukuřičné slámy. U kukuřice, která se pěstuje na zrna, je vedlejším produktem sláma. Tato sklizeň se provádí při plné zralosti, kdy je celá rostlina dobře vyschlá a podíl sušiny je vysoký. Slámu kukuřice pak lze rozřezat na hrubou řezanku a využít k přímému spalování obdobně jako třeba dřevní štěpku. K přímému spalování, lze také využít kukuřičná vřetena, poté co se z nich odstraní zrna (Petříková, 1999).

### **2.1.4 Řepka olejka jako energetická rostlina**

#### **2.1.4.1 Historie a původ řepky a příbuzných druhů**

O počátcích pěstování řepky olejky (*Brassica napus*) je nutno uvažovat společně s řepicí, protože do konce 18. Století se tyto blízké druhy příliš nerozšiřovaly. Je známo, že v minulosti se ve velkém rozsahu pěstovaly brukvovité zeleniny a krmné plodiny. Pozdější údaje o řepce nebo řepici se nacházejí ve starších bylinkářích a herbářích z roku 1590 (Baranyk a kol, 2007). Od roku 1868 až do dnes jsou již každoročně známé osevní plochy, výnosy i sklizeň této plodiny. Pěstitelsky byla řepka podle Baranyka (2007) vždy spíše okopaninovou kulturou, pěstovanou převážně po předplodinách, které umožnily včasné založení porostu.

Za existence Československé republiky nastal velký rozvoj výzkumu pěstitelské technologie a částečně i šlechtění řepky a za okupace Československa se na území protektorátu pěstovala řepka na ploše téměř 42 tis. ha (Baranyk a kol., 2007). Jak jsem již uvedla výše v kapitole: „Pěstování energetických rostlin v ČR“, největší nárůst pěstování řepky byl v Československu začátkem osmdesátých let, kdy došlo k velmi rychlému a komplexnímu přechodu na pěstování odrůd ozimé řepky bez kyseliny erukové, který vytvořil pro zpracovatelský průmysl zdroj dieteticky nezávadné suroviny (Fábry a kol., 1992).

#### 2.1.4.2 Výroba a využití bionafty

Je logické, že s nárůstem počtu obyvatel a jejich nároků roste i spotřeba fosilní energie především v průmyslově vyspělých státech. Podle Baranyka a kol. (2007) je globálním problémem vedle úbytku zdrojů fosilních paliv rovněž tzv. skleníkový efekt, proto se státy snaží o jejich alespoň částečnou náhradu alternativními palivy, především biopalivy s pozitivní bilancí CO<sub>2</sub>. Princip výroby metylesteru řepkového oleje (MEŘO) je, jak uvádí Baranyk (2007), chemická reakce řepkového oleje s metylalkoholem. Reakce se nazývá transesterifikace. Výsledný produkt je metylester řepkového oleje, obecně nazývaný jako bionafta. Produkce, vývoz, dovoz a spotřeba MEŘO v ČR je popsána v tabulce č. 1 za období 1996-2005.

Tabulka č. 1: Produkce, vývoz, dovoz a spotřeba MEŘO v ČR (v tis. tun)

Ukazatel	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004*	2005*
Celková produkce	19,3	27,6	15,7	30,63	67,2	71,1	104,4	113,5	85,14	126,89
Vývoz	3	1,5	0,08	0,03	0,072	22,4	31,3	43,5	41,63	131,53
Dovoz	9	11,4	25,8	20,2	3,2	2,9	0,04	0,06	3,12	7,8
Celková spotřeba	24,8	37,5	41,4	50,77	70,4	51,6	73,06	70,06	46,63	3,17

Zdroj: VÚZT & SVB, SZIF, 2006

Pozn.: \*údaje od ČSÚ, MPO Praha

V ČSFR byla zde poprvé vyvinuta v letech 1986-1989 vlastní technologie na výrobu MEŘO (tehdy nazývané jako MRE) a to konkrétně v tukovém průmyslu VTX Ústí nad Labem s vlastní provozní jednotkou na výrobu ekonafy (Vašák, Fábry, 1991). Výroba bionafty (MEŘO) byla v ČR systematicky rozvíjena v rámci tzv. Oleoprogramu již od roku 1992 (Baranyk, 2007). Baranyk (2007) také tvrdí, že největší stagnace podpory výroby MEŘO nastal pro ČR při vstupu do EU (květen 2004) kdy byl stávající systém podpory výroby MEŘO zrušen v důsledku nesouladu s pravidly v EU.

#### **2.1.4.3 Využití čistého řepkového oleje jako paliva**

Využívání rostlinných olejů jako paliv není nic nového, už při vývoji vznětového motoru v roce 1895 testoval Rudolf Diesel olej z podzemnice olejné (*Arachis hypogaea*) jako možné palivo (Baranyk, 2007). V současnosti u nás probíhá většinou jen individuální využívání řepkového oleje jako paliva. Podle Baranyka (2007) má přímé spalování řepkového oleje v motoru mnoho závažných rizik, jako je zhoršená průchodnost paliva dopravním i vstřikovacím čerpadlem, nedokonalý průběh spalování řepkového oleje, karbonizace motoru, omezení mazací schopnosti motorového oleje díky produktům nedokonalého spalování až zablokování olejového filtru a vysoká startovací viskozita oleje v chladných zimních měsících. Surový řepkový olej se ale dá použít do směsí s jinými oleji nebo s fosilními palivy. Výsledkem je relativně ideální palivo, které není na rozdíl od bionafty chemicky agresivní.

#### **2.1.4.4 Využití slámy z řepky**

Pro energetické účely se také často využívá sláma z řepky olejky (*Brassica napus*). Ozimá řepka vytváří více nadzemní hmoty než jarní řepka, protože má delší dobu růstu a vegetační období, ale pro využití slámy ke spalování je vždy nutné posoudit rostlinu dle konkrétních podmínek na dané lokalitě. Podle Petříkové (1999) se výnosy řepkové slámy pohybují od cca 2,8 až do 4,5 t/ha. Baranyk a kol. (2007) ale uvádí, že v podmínkách v ČR jsou reálné výnosy řepkové slámy 4,7 t/h a 2,7 t/h semen. Což je v porovnání s jinými energetickými rostlinami relativně málo, ale je třeba vzít v úvahu, že řepka je především olejná rostlina a získání semen je primární, slámu tedy lze brát jako vedlejší produkt. Když porovnáme například výnos cíleně pěstované ozdobnice čínské (*Miscanthus sinensis Anderss.*), kde se výnosy pohybují okolo 20 t/h má je to zhruba 4x méně než u řepky olejky (*Brassica napus*). Množství sklizené slámy ovlivňuje mnoho faktorů např. úroveň výživy, podmínky na daném stanovišti a výběr odrůdy. Sláma řepky se nejčastěji využívá k přímému spalování, kdy se suchá sláma nařeže na řezanku nebo se použije na výrobu briket či peletek. Kára (2003) uvádí, že důležitým aspektem při spalování slámy je především

dostupnost technologií v daném regionu, protože musí být zachovány nízké provozní náklady. Pokud tedy v regionu nejsou vhodné spalovny, ekonomicky se nevyplatí slámu či štěpku dopravovat do vzdálených spalovacích zařízení.

## 2.2 Biodiverzita

Světový fond na ochranu přírody (WWF) definuje biodiverzitu jako bohatství života na Zemi, miliony rostlin, živočichů a mikroorganismů, včetně genů, které obsahují, a složité ekosystémy, které vytvářejí životní prostředí'. Václavík (2006) definuje biodiverzitu jako variabilitu všech žijících organismů včetně mj. suchozemských, mořských, a jiných vodních ekosystémů a ekologických komplexů, jejichž jsou součástí, zahrnuje také různorodost v rámci druhů, mezi druhy i mezi ekosystémy. Naproti tomu Šarapatka a kol. (2010) definují biodiverzitu v nejjednodušším pojetí jako rozrůzněnost života na Zemi. V odborné literatuře je možné najít celou řadu obdobných definic biodiverzity. Václavík (2006) také uvádí, že biologická rozmanitost se jako nová koncepce integrující všechny úrovně živého světa od genů po ekologické systémy objevila v polovině 80. let 20. století. Biologickou diverzitu lze klasifikovat různě z hlediska měřítka, komplexity, času, typu stanoviště, funkce v krajině atd. (Šarapatka a kol., 2010).

Snížení biodiverzity může mít několik příčin. Narušení ekosystému, v určitém měřítku většinou vede ke ztrátě funkce a stability ekosystému. V zemědělství často dochází z praktických a především ekonomických důvodů k úpravě obhospodařovaných ploch, což vede k uniformitě dané krajiny a tím pádem i narušení stávajících ekosystémů. Důsledkem toho jsou monokultury, které jsou co z hlediska agrotechnických postupů praktické, ale to má dopad nejen na biodiverzitu, ale také na funkci ekosystému a krajinný ráz. Biodiverzitu lze rozdělit na tři základní úrovně: diverzita genetická (rozdílnost genomů organismů), diverzita druhová (počet druhů v daném společenstvu) a diverzita ekosystémová (počet ekosystémů v prostředí). V závislosti na měřítku můžeme rozčlenit biologickou diverzitu podle Whittakera (1997) na tři úrovně: alfa-, beta-, a gama-diverzitu. Alfa-diverzita je nejnižší prostorovou úrovní druhové diverzity, jedná se o biodiverzitu na úrovni jednoho typu stanoviště, ekosystému či společenstva (Šarapatka a kol., 2010). Beta-diverzita popisuje druhovou rozdílnost mezi různými stanovišti, pokud budeme

srovnávat dvě nebo více společenstev, které mají rozdílné druhové složení, bude beta-diverzita vysoká (Šarapatka a kol., 2010). Gama-diverzita se podobně jako alfa-diverzita týká rozmanitosti v rámci vymezeného území, ale gama-diverzita popisuje rozmanitost velkých území s řadou dílčích stanovišť (Šarapatka a kol., 2010).

### **2.2.1 Biodiverzita a pěstování en. rostlin**

Zemědělství je jedno z tradičních odvětví národního hospodářství. Zemědělství se v průběhu lidské historie vyvíjelo od primitivních soustav, které byli téměř bez dodatků energie až po dnešní intenzivní zemědělství, kde dodatky energie jsou již vysoké. Konvenční zemědělství, které většinou převládá v průmyslově vyspělých zemích, je charakteristické intenzitou a vysokými energetickými vstupy za dosažením co nejvyššího ekonomického zisku. To má určitý vliv nejen na vzhled a ráz krajiny, ale je to zásah do krajiny, který zákonitě musí ovlivnit volně žijící živočichy a planě rostoucí rostliny. Do jaké míry tento vliv sahá, je nutné posoudit na dané lokalitě či stanovišti. Je nutné také zhodnotit vliv technologických postupů a chemických vstupů. Podle Šarapatky (2010) pomáhá tuto intenzifikaci zemědělství vytvářet šest hlavních pilířů a to je: intenzivní obdělávání, monokultury, závlahy, aplikace minerálních hnojiv, chemická ochrana rostlin a v současnosti i genové manipulace. Podle studie Spojených národů z roku 1991 bylo od 2. světové války 38% plochy hospodářsky využívaných půd do určité míry narušeno a poškozeno zemědělskými praktikami a nevýraznějším degradačním faktorem je eroze (Šarapatka, 2010). Václavík (2006) uvádí, že přibližně 37% zemského povrchu je dnes využíváné k zemědělské produkci a většina této plochy ztratila nebo ztrácí svoji původní biologickou diverzitu. Při hodnocení vlivů zemědělství na stav životního prostředí je hlavním faktorem ekologická stabilita. Při zásahu do krajiny či narušení daného ekosystému je zachování ekologické stability primární problém.

Při pěstování energetických rostlin je nutné dbát zvýšené opatrnosti v případě pěstování nepůvodních druhů, protože zde může být riziko, že se rostlina začne invazivně šířit a tím narušit původní ekosystémy a snižovat biologickou diverzitu dané lokality. Biodiverzita je přitom základem všech zemědělských systémů.



## 2.2.2 Biodiverzita epigeických brouků

Brouci (*Coleoptera*) jsou jedním z četných řádů hmyzu, který patří ke kmeni *Arthropoda* (členovů). Je to nejpočetnější skupina živočichů na světě. Představují třetinu všech známých hmyzích druhů a asi tak čtvrtinu všech známých živočišných druhů (Javorek, 1994). Jsou považovány za nejdokonalejších bezobratlých živočichů, neboť jejich tělo je rozčleněno v řadu článků a je opatřeno značně pohyblivými orgány a bystrými smysly. Je nejspíše proto, že se během evoluce dokázali přizpůsobit životu v nejrůznějších stanovištích souše, včetně půdy, podzemí a na vodních plochách. Souvisí to také se schopností letu, což umožňuje nejen šíření populace na jiné stanoviště, ale také možný únik při případné změně podmínek na stanovišti (Hůrka, 2005). Různé skupiny se adaptovali tak, že jsou schopny přežít i v extrémních podmínkách, zpevnění pokožky celého těla a vytvoření krovek umožňuje některým druhům osidlovat pouště nebo polopouště, u vodních druhů se jako adaptace vytvořil prostor mezi krovkami a zadečkem, to je součástí fyzikálních plic, který umožňuje dýchat pod vodou (Hůrka, 2005).

K úspěšnosti nejpočetnějších skupin jako jsou střevlíci, drabčící, kovařící, krasci, potemníci či nosatci také přispělo to, že larvy preferují jiné potravní zdroje a většinou se vyskytují i na jiných substrátech než dospělí jedinci (Hůrka, 2005). V následující tabulce č. 2 je přehled již zmíněných nejpočetnějších čeledí epigeických brouků s počtem druhů. (Zdroj: tabulka jsem zpracovala na základě údajů Hůrky z roku 2005)

**Tab. č. 2 : Přehled základních a nejpočetnějších čeledí epigeických brouků**

čeleď	čeleď - český název	počet druhů
<i>Curculionidae</i>	nosatcovití	50 000
<i>Chrysomelidae</i>	mandelinkovití	35 000
<i>Carabidae</i>	střevlíkovití	30 000
<i>Cerambycidae</i>	tesaříkovití	30 000
<i>Staphylinidae</i>	drabčíkovití	29 000
<i>Scarabaeidae</i>	vrubuonovití	17 000
<i>Tenebrionidae</i>	potemníkovití	17 000
<i>Buprestidae</i>	krascovití	15 000

Podle Boháče (2004) je známo dokonce 32 000 druhů drabčíkovitých (*Staphylinidae*) z celého světa, protože se vyskytují skoro ve všech druzích terestrických ekosystémů a tvoří velmi podstatnou část půdní fauny. Boháč (1990) také uvádí, že je nezbytná znalost ekologických nároků a přítomnost určitých druhů brouků především čeledi *Staphylinidae* a *Carabidae*, protože tyto brouci jsou citlivými bioindikátory antropogenních změn v životním prostředí. Další významnou skupinou je čeleď *Carabidae* (střevlíkovití), patří sem cca 30 000 druhů (v některých odborných publikacích se uvádí i více). Tato druhově početná skupina je tradičně ve středu zájmů nejen profesionálních, ale i amatérských sběratelů a entomologů. Hůrka (1996) uvádí, že pro současnou sběratelskou hodnotu a oblibu i vědeckou využitelnost čeledi v poválečném Československu sehrálo bezesporu rozhodující roli vydání Klíče k určování brouků čeledi *Carabidae* Československé republiky od Karla Kulta, vydané roku 1947 s pomocí Československé entomologické společnosti. Střevlíkovití obývají nejrůznější stanoviště od mokrých, bažinných oblastí až po suchá, stepní i pouštní oblasti. Podle Hůrky (2005) se v Evropě vyskytuje zhruba něco přes 20 000 druhů brouků a zhruba třetina se vyskytuje v ČR a SR. Jedním z cílů této práce bylo seznámit se základními čeledi epigeických brouků a doplnit je o základní druhy, kteří se vyskytují na území České republiky. V tabulce č. 3. jsou uvedeny základní zástupci jednotlivých základních čeledí v České republice. Podrobnější taxonomický přehled všech druhů a čeledí, kteří se vyskytují na území ČR je nad rámec této práce, ale je možného nalézt v knize Karla Hůrky (2005) Brouci České a Slovenské republiky (tabulku jsem vytvořila, na základě této publikace).

**Tab. č. 3: Přehled základních druhů epigeických brouků v ČR**

	<b>latinský název</b>	<b>český název</b>
<i>Curculionidae</i> (nosatcovití)	<i>Otiorhynchus niger</i>	Lalokonosec černý
	<i>Phyllobius argentatus</i>	Listohlod zlatozelený
	<i>Liparus glabrirostris</i>	Klikoroh devětsilový
	<i>Curculio glandium</i>	Nosatec žaludový
	<i>Sitophilus granarius</i>	Pilous černý
	<i>Attelabus nitens</i>	Zobonoska dubová
<i>Chrysomelidae</i> (mandelinkovití)	<i>Fastuolina fastuosa</i>	Mandelinka nádherná
	<i>Oreina cacaliae</i>	Mandelinka havezová
	<i>Leptinotarsa decemlineata</i>	Mandelinka bramborová
	<i>Clytra quadripunctata</i>	Vrbař čtyřtečný
	<i>Donacia semucuprea</i>	Rákosníček obecný
	<i>Agelastica alni</i>	Bázlivec olšový
	<i>Phyllotreta undulata</i>	Dřepčík polní
	<i>Cassida viridis</i>	Štítonoš zelený
<i>Carabidae</i> (střevlíkovití)	<i>Pterostichus vulgaris</i>	Střevlíček obecný
	<i>Cicindela campestris</i>	Svižník polní
	<i>Carabus violaceus</i>	Střevlík fialový
	<i>Carabus cancellatus</i>	Střevlík měděný
	<i>Amara aenea</i>	Kvapník kovový
	<i>Carabus auronitens</i>	Střevlík zlatolesklý
<i>Cerambycidae</i> (tesaříkovití)	<i>Pachyta quadrimaculata</i>	Tesařík čtyřskvrnný
	<i>Stenurella melanura</i>	Tesařík černošpičkový
	<i>Rutpela maculata</i>	Tesařík skvrnitý
	<i>Corymbia rubra</i>	Tesařík obecný
	<i>Monochamus sutor</i>	Kozlíček smrkový
<i>Staphylinidae</i> (drabčíkovití)	<i>Creophilus maxillosus</i>	Drabčík páskovaný
	<i>Staphylinus caesareus</i>	Drabčík zdobený
	<i>Staphylinus olens</i>	Drabčík smrdutý
	<i>Philonthus cyanipennis</i>	Drabčík kovolesklý
<i>Scarabaeidae</i> (vrabuonovití)	<i>Aphodius fimetarius</i>	Hnojník obecný
	<i>Amphimallon solstitiale</i>	Chroustek letní
	<i>Melolontha melolontha</i>	Chroust obecný
	<i>Phyllopertha horticola</i>	Listokaz zahradní
	<i>Cetonia aurata</i>	Zlatohlávek zlatý
	<i>Oryctes nasicornis</i>	Nosorožík kapucínek
<i>Tenebrionidae</i> (potemníkovití)	<i>Tenebrio molitor</i>	Potemník moučný
	<i>Blaps mortisaga</i>	Smrtník obecný
	<i>Opatrum sabulosum</i>	Potemník písečný
<i>Buprestidae</i> (krascovití)	<i>Anthaxia quadrimaculata</i>	Krasec čtyřtečný
	<i>Poecilonota rutilans</i>	Krasec lipový
	<i>Chalcophora mariana</i>	Krasec měďák
	<i>Anthaxia nitidula</i>	Krasec lesknavý
	<i>Chrysobothris affinis</i>	Krasec šestitečný

### 2.2.3. Metody hodnocení biodiverzity

Biodiverzita a její hodnocení, je v současnosti často diskutovaným pojmem v oblasti životního prostředí a ekologie. Existuje velký počet metod hodnocení biodiverzity a také velké množství literatury zabývající se statistickými metodami, proto není jednoduché se v této problematice orientovat. Šarapatka (2010) uvádí, že diverzita není samoúčelný parametr, proto matematické a statistické popisy systémů a trendy diverzity v čase umožňují objektivně vyjádřit změny, které v prostředí probíhají. Podle Jarkovského (2012) představuje biodiverzita typický příklad nutnosti aplikace biometrických metod, protože data týkající se biodiverzity bývají velmi heterogenní a také hodnoty biodiverzity jsou nezbytné k hodnocení rizik a stavu ekosystémů. Také uvádí důležitý fakt, a to ten, že běžně dostupné způsoby hodnocení jsou často založeny na výpočtech indexů, jejichž číselné hodnoty a interpretace mohou být jednostranné a zavádějící. Metody měření biodiverzity se dělí na dvě základní úrovně: měření různorodosti tedy druhová bohatost a equitabilitu, což je vyrovnanost a zastoupení jednotlivých druhů ve společenstvu (Cvánová, 2006). Hodnocení těchto dvou složek se liší metodami, ať už se jedná o indexy, modely, grafy či jiné grafické zobrazení. Jarkovský (2012) uvádí že, v současném vývoji metod při hodnocení biodiverzity se objevují dva trendy – použití indexů diverzity a popis diverzity společenstva pomocí modelů. Rozdíl mezi index a abundancí je ten, že indexy předkládají výsledek v jedné číselné hodnotě, ale abundance poskytuje popis celkového tvaru křivky. Při hodnocení biologické diverzity je důležité zvolit správnou metodu hodnocení, která bude při posuzování biodiverzity na dané lokalitě nejvhodnější. Zpravidla platí, že k získání co nejspolehlivější a nepodrobnějších informací, nebo popřípadě výsledku, je třeba použít při hodnocení biodiverzity co nejširší spektrum různých metod, to nám umožní i data porovnat. K hodnocení lze použít standardní i moderní metody hodnocení (Jarkovský, 2010):

- indexy diverzity, ukazatele ekvitability
- predikční techniky a nestandardní techniky odhadu parametrů (rarefakce, bootstrap, jackknife),
- modely druhové abundance,
- grafické techniky posuzující strukturu společenstva,
- vícerozměrné klasifikační a ordinační techniky

- techniky spojující epidemiologické modely se standardním hodnocením diverzity (při hodnocení vztahů hostitel - parazit)

V následující tabulce č. 4 je přehled základních kvalitativních a kvantitativních indexů:

Kvalitativní indexy		
Jaccardův index	$C_j = \frac{a}{a+b+c}$	všechny členy mají stejnou váhu
Sørensenův index	$C_s = \frac{2a}{2a+b+c}$	přítomnosti v obou vzorcích dává vyšší váhu
Simpsonův index	$C_{si} = \frac{a}{a + \min[b,c]}$	vhodný pro počtem druhů velmi odlišné vzorky, pomocí minima(b,c) se odstraňuje vliv nevyrovnanosti druhové bohatosti
Kvantitativní indexy		
Sørensenův kvantitativní index	$C_N = \frac{2jN}{aN + bN}$	aN, bN - celkové počty jedinců ve společenstvech A, B; jN - suma abundancí, pokud se druh nachází v obou společenstvech (nižší abundance)
Morisita – Horn index	$C_{MH} = \frac{2\sum(an_i \cdot bn_i)}{(da + db) \cdot aN \cdot bN}$ $da = \frac{\sum an_i^2}{aN^2}$	aN, bN - celkové počty jedinců ve společenstvech A, B; an <sub>i</sub> , bn <sub>i</sub> - počet jedinců druhu i ve společenstvu A, B  Index je velmi senzitivní k abundancím nejpočetnějších druhů

Zdroj: BRÁZDA, Štěpán. *Vizualizace a modelování environmentálních dat pomocí nástrojů GIS*. 2011

### 2.2.3.1 Indexy diverzity

Indexy poskytují výsledek o biodiverzitě v jedné číselné hodnotě. Jarkovský (2012) dělí indexy diverzity do tří základních skupin: indexy založené na počtu druhů, indexy založené na poměru početnosti druhů (počítají jak s počtem druhů, tak i s početností populace) a Q statistika založená na tvaru křivky abundancí kumulativního počtu druhů.

- Indexy založené na početnosti: Margalefův index a Menhinickův index (Jarkovský, 2012)
- Indexy založené na poměru početnosti druhů: Shannonův - Weaverův index, Brillouinův index, Simpsonův index, Bergerův-Parkerův index, Hillův index druhové diverzity
- Q statistika

Shannonův - Weaverův index je jeden z nejčastěji používaných indexů a vychází z informační teorie. Předpokladem je náhodný výběr jedinců (z čistě teoreticky neomezeného množství a přítomnost všech druhů společenstva ve vzorku), obvykle nabývá hodnot od 1,5 až 4,5 a jeho exponenciální hodnota vyjadřuje, kolik stejně početných druhů by vytvořilo Shannonův - Weaverův index o stejné hodnotě (Jarkovský, 2012). Tento index je dán rovnicí:  $H = \sum p_i \cdot \log_2 p_i$ ,  $p = n/N$

Brillouinův index se používá místo Shannon - Weaverova indexu v případě, že není možné zajistit náhodnost odebírání vzorků. Podle Jarkovského je Simpsonův index ( $D = 1/\sum(p_i^2)$ ) nejznámější a jeden z nejvíce používaných indexů založených na dominanci, protože je závislý na nejpočetnějším druhu (ale je méně tolerantní k vzácným a ohroženým druhům). Berger-Parkerův index vyjadřuje podle Jarkovského (2012) poměrnou významnost nejpočetnějšího druhu, počítá se podobně jako Shannon – Weaverův index. Další důležitý Index diverzity podle Jarkovského (2012), který je založený na sklonu křivky abundancí kumulativního počtu druhů se nazývá Q statistika. Podle Cvánové (2006) byl Pro potřeby hodnocení rovnoměrnosti zastoupení jednotlivých druhů (například v porostu) v ekosystému zaveden index vyrovnanosti skladby – E, kde  $E = D/S$ .

### **2.2.3.2 Biotické indexy**

Biotické indexy se vyznačují tím, že kromě přítomnosti abundance taxonů počítají i s ekologickými charakteristikami (species traits). Podle Jarkovského (2012) můžeme Výsledný index (u biotických indexů) popsat jako celkové hodnocení společenstva, které vychází z výskytu a abundance taxonů vážené jejich ekologickými charakteristikami, za nejznámější index tohoto typu lze považovat saprobní index.

### **2.2.3.3 Vícerozměrné metody hodnocení**

Pro co nejkompexnější hodnocení ekologických společenstev se využívají vícerozměrné metody. Vícerozměrné metody můžeme rozdělit podle Lepše a Šmilauera (2000) na dvě hlavní skupiny: **Shluková analýza** - cílem shlukovacích metod je seskupit vzorky do homogenních shluků, které jsou snadno popsitelné a odlišitelné od ostatních a **Ordinační metody** – snahou je redukovat vícerozměrný problém do lépe zobrazitelného prostoru (nejčastěji dvou nebo tří).

### **2.2.3.4 Vzorkování biodiverzity**

Při vzorkování biodiverzity platí obecná pravidla jako při jakémkoliv jiném vzorkování na daném stanovišti nebo z cílové populace. Podle Jarkovského (2012) musí pro získání kvalitního vzorku platit následující pravidla: náhodnost, reprezentativnost a nezávislost. Heterogenita prostředí způsobuje, že organismy se v přírodě nevyskytují rovnoměrně rozloženy (rovnoměrné rozložení organismů je velmi vzácné), to může odběr vzorků komplikovat. Frekvenční disturbance je způsob, jakým jsou organismy v přírodě nejčastěji rozptýleny. To jakým způsobem jsou určité organismy v přírodě rozděleny, je možné zjistit poměrem průměru a rozptylu početnosti organismů ve vzorcích prostředí, existují tři možné úrovně: rovnoměrné rozložení má rozptyl menší než průměr, náhodné rozložení má rozptyl roven průměru, agregované rozložení má rozptyl větší než průměr (Jarkovský, 2012). Tyto modely se dělí do tří skupin: negativní binomické, pozitivní binomické a Poissonovo (Cox, F.E.G Modern Parasitology, 1993). Pozitivní binomický model se používá pro rozložení jedinců rovnoměrně. Negativní binomický model je pro agregované rozložení a Poissonovo se používá pro náhodné rozložení organismů.

### 3. Cíle práce

Cílem této práce bylo zpracovat literární rešerši o vlivu energetických rostlin na biodiverzitu a v praktické části zhodnotit problematiku biodiverzity epigeických brouků v porostu řepky olejky (*Brassica napus*) a kukuřice seté (*Zea mays L.*). Cílem této práce bylo také seznámit se s metodikou odebrání vzorků a se statistickými metodami hodnocení vzorků. Hlavním cílem této práce bylo stanovit diversitu a aktivitu epigeických brouků, určit hlavní faktory, které mohou ovlivňovat jejich diversitu a stanovit stupeň antropogenního ovlivnění.



## **4. Materiál a metodika**

### **4.1 Odběr vzorků**

Odběr vzorků v rámci této práce probíhal v době vegetační sezóny 2015 na porostu řepky olejky (*Brassica napus*) a kukuřice seté (*Zea mays L.*). Pro odběr vzorků jsem volila metodu odchyty do zemních pastí. Metoda odchyty do zemních pastí slouží především ke sběru epigeických žijících bezobratlých a jelikož se v této práci zaměřuji jen na diverzitu epigeických brouků, volila jsem tedy proto tuto metodu. Vzorky jsem na porostu řepky olejky (*Brassica napus*) odebírala od května až do doby sklizně, což bylo tento rok (2015) na konci července. Na porostu kukuřice seté (*Zea mays L.*) jsem vzorky odebírala od června do září roku 2015.

Ke sběru vzorků jsem tedy volila metodu odchyty do zemních pastí. Tato metoda sběru hmyzu je tradičně využívána pro hodnocení a sledování biodiverzity epigeických živočichů, tedy živočichů žijících na zemi. Metoda odchyty zemních pastí má výhodu v tom, že umožňuje odběr vzorků bez aktivního dohledu. Při postupu jsem vycházela z metodiky od Absolona a kol. (2004). Zemní pasti jsem vždy umísťovala nejméně 10 m od kraje pole směrem do porostu. Při zhotovení zemní pasti jsem postupovala tak, že do půdy jsem vyhloubila díru, do které jsem umístila plastovou nádobu cca 15 cm vysokou a půdu okolo pasti jsem udusala. Okraj nádoby byl vodorovný s povrchem půdy. Nad zemní pastí jsem vytvořila stříšku ze dřeva, aby v případě deště nebyli vzorky nebyli vyplaveni. Pasti jsem umísťovala do porostu vždy po dvou, s tím že, v jedné byl ethylenglykol jako návnada a druhá past byla zpravidla bez návnady, ale pro fixaci vzorků jsem přidávala vodu. Vzorky jsem vybírala pravidelně po 2-3 týdnech. Při odběru vzorků jsem postupovala tak, že po odstranění stříšky jsem vyjmula nádobu ze země a vzorky jsem přecedila přes filtrační textilii. Získané vzorky jsem umístila do označených sáčků.

### **4.2 Charakteristika lokalit**

Hodnocení biodiverzity epigeických brouků jsem prováděla na dvou konkrétních polích řepky olejky (*Brassica napus*) a kukuřice seté (*Zea mays L.*). Pole se nachází na katastrálním území obce Chotěmice. Tyto pole jsou majetkem ZOD

Choustník. Družstvo bylo ustaveno usnesením členské schůze ze dne 14. 2. 1973 v důsledku sloučení JZD v Chrboníně, Choustníku a Krtově, jejichž dosavadní činnost sloučením zanikla.

Pole řepky olejky (*Brassica napus*) jsem označila jako lokalitu č. 1. a pole kukuřice seté jsem označila jako lokalitu č. 2. Obě dvě lokality se nachází 521 m. n. m. Tyto lokality se nachází asi 0,5-0,7km východně od obce Chotěmice. Jsou trvale obhospodařovaná. Při pěstování obou plodin jsou používány klasické agrotechnické postupy. Dle informací ZOD Choustník jsou při pěstování používána hnojiva a pesticidy. Na obrázku č. 2 jsou označené obě dvě sledované lokality.

Obrázek č. 2: Umístění sledovaných lokalit v obci Chotěmice (na obrázku je označená lokalita č. 1 (*Brassica napus*) a lokalita č. 2 (*Zea mays L.*)



Zdroj: <https://maps.google.cz/>, cit. 29. 10. 2015, upraveno

## 5. Výsledky

### 5.1 Diverzita a aktivita epigeických brouků na daných lokalitách

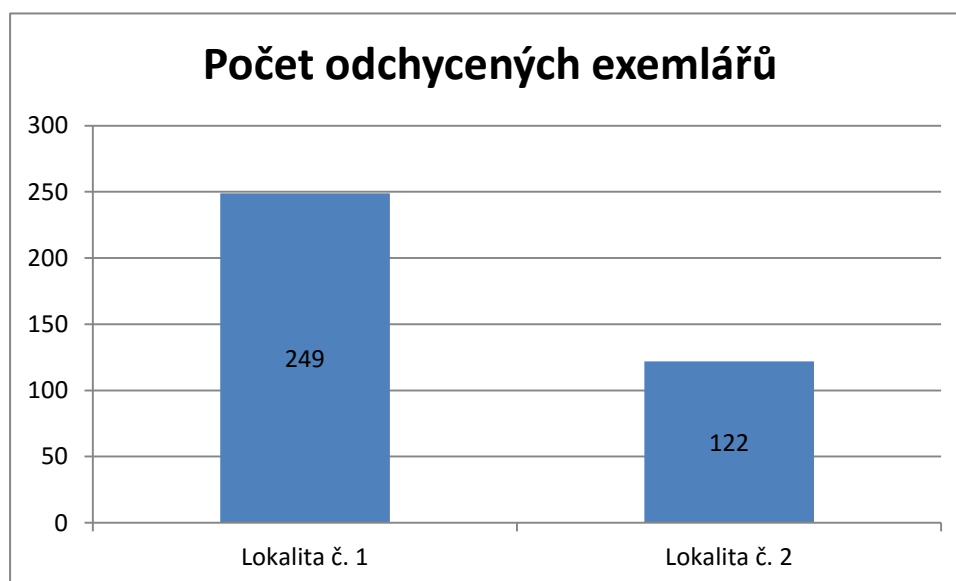
Na sledovaných lokalitách bylo v daném časovém období (cca 4 měsíce) odchyceno 371 exemplářů epigeických brouků, které náleží k 19 druhům a 6 čeledím. Celkový přehled druhů, kteří byli odchyceni na sledovaných lokalitách je v tab. č. 5. Na lokalitách bylo nalezeno 7 druhů z čeledi střevlíkovitých (*Carabidae*), 6 druhů z čeledi drabčíkovití (*Staphylinidae*), 2 druhy z čeledi páteříčkovití (*Cantharidae*), 2 druhy z čeledi mandelinkovití (*Chrysomelidae*), 1 druh z čeledi mrchožroutovití (*Silphidae*) a 1 druh z čeledi vrubounovití (*Scarabaeidae*).

Tabulka č. 5: Přehled druhů nalezených na sledovaných lokalitách

<b><i>Carabidae</i></b> <i>Trechus quadristriatus</i> <i>Pterostichus melanarius</i> <i>Poecilus cupreus</i> <i>Poecilus versicolor</i> <i>Anisodactylus binotatus</i> <i>Amara aenea</i> <i>Pseudoophonus rufipes</i>	<b><i>Silphidae</i></b> <i>Nicrophorus vespilloides</i>	<b><i>Staphylinidae</i></b> <i>Omalium caesum</i> <i>Anotylus rugosus</i> <i>Philonthus cognatus</i> <i>Philonthus politus</i> <i>Amischa analis</i> <i>Aleochara bipustulata</i>
<b><i>Scarabaeidae</i></b> <i>Onthophagus ovatus</i>	<b><i>Cantharidae</i></b> <i>Rhagonycha fulva</i> <i>Rhagonycha lutea</i>	<b><i>Chrysomelidae</i></b> <i>Oulema melanopus</i> <i>Crepidodera aurata</i>

Na lokalitě č. 1, což je pole s řepkou olejkou (*Brassica napus*) bylo za období od května do července odchyceno 249 exemplářů brouků, oproti tomu na lokalitě č. 2, bylo za období od července do září získáno 122 exemplářů a na grafu č. 1 je grafické srovnání obou lokalit, co se týče počtu exemplářů.

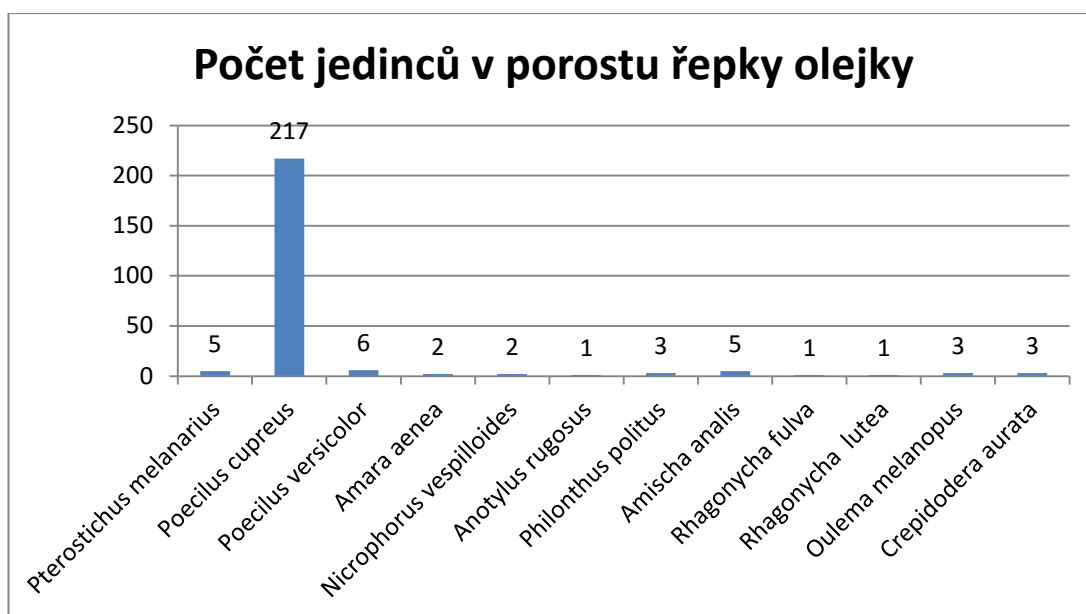
Graf č. 1: Počet odchycených exemplářů na obou lokalitách



Dominantním druhem na obou sledovaných lokalitách byl druh *Poecilus cupreus* (Linnaeus, 1758), českým názvem střevlíček měděný. Palearktický druh rozšířený po celé Evropě až na Sibiř a směrem k Bajkalu (Hůrka, 1996). Ve sledovaných lokalitách byl počet nalezených jedinců tohoto druhu 315. Druhý nejpočetněji zastoupený druh byl *Pterostichus Melanarius* (Illiger, 1798), počet jedinců ve vzorcích byl 11. Počty ostatních druhů nepřekročil více jak 10 jedinců. Druhy *Philonthus cognatus*, *Aleochara bipustulata*, *Onthophagus ovatus*, *Rhagonycha fulva*, *Rhagonycha lutea* se v porostech vyskytli pouze o počtu jednoho jedince.

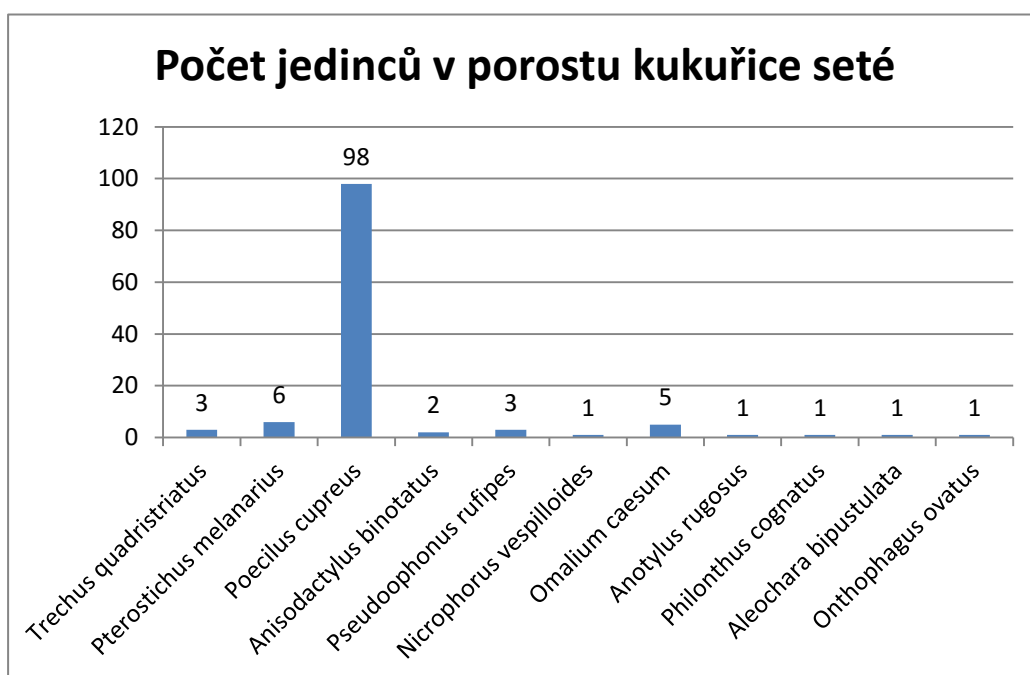
Na sledované lokalitě č. 1 rostla ozimá řepka olejka (*Brassica napus*), v jejímž porostu bylo odchyceno 12 druhů epigeických brouků, což bylo o jeden druh více než na lokalitě č. 2. Následující graf č. 2 znázorňuje kompletní přehled druhů i s počty jedinců, kteří byli odchyceni na lokalitě č. 1.

Graf č. 2: Uvádí přehled druhů a počtů exemplářů na lokalitě č. 1



Na lokalitě č. 2 byla pěstována kukuřice setá (*Zea mays L.*), zde bylo determinováno celkem 11 druhů brouků s celkovým počtem 122 odchycených jedinců, což bylo podstatně méně než na lokalitě č. 1. Na grafu č. 3 je znázorněn přehled jednotlivých druhů i s počty jednotlivých jedinců na lokalitě č. 2.

Graf č. 3: Přehled druhů a počtů exemplářů na lokalitě č. 2



Při odběru vzorků jsem používala, jak už jsem uvedla v metodice dva typy fixáže do zemních pastí. Do pastí jsem používala k fixování vzorků ethylenglykol a vodu. Ze zemních pastí, kde byl použit ethylenglykol, bylo odebráno 219 exemplářů, v ostatních pastech, kde byla fixáž pouze voda, bylo celkem 152 kusů exemplářů. V tabulce č. 6 je uveden počet odchycených exemplářů, vzhledem k typu pasti na sledovaných lokalitách.

Tab. č. 6: Počet odchycených exemplářů v závislosti na typu, na daných lokalitách (Lokalita č. 1 = pole s řepkou olejkou (*Brassica napus*), Lokalita č. 2 = pole s kukuřicí setou (*Zea mays L.*)

Typ pasti	Past s roztokem C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> O <sub>2</sub>	Past s H <sub>2</sub> O
Lokalita č. 1	118	131
Lokalita č. 2	101	21

## 5.2 Hodnocení biodiverzity daných lokalit

### Lokalita č. 1

Na lokalitě kde se konvenčně pěstuje řepka olejka (*Brassica napus*) bylo determinováno 12 druhů epigeických brouků a celkem odebráno a určeno 249 exemplářů. Index diverzity podle Oduma ( $I_{div}$ ) je na této lokalitě 0,048, takže lze říci, že se jedná o monocenózu a společenstvo je tvořené převážně jedním druhem a to konkrétně druhem *Poecilus cupreus* (Linnaeus, 1758). Výpočet Simpsonova indexu, který hodnotí, zda jsou ve společenstvu dominantní druhy nebo zda je společenstvo spíše vyrovnané a hodnotí i významnost druhu. Ve sledovaném společenstvu je dominantní jeden již zmíněný druh. Tento druh byl zastoupen 117 jedinci z 249 získaných na této lokalitě.

### Lokalita č. 2

Lokalita č. 2 je pole kde se nacházel porost kukuřice seté (*Zea mays L.*), zde bylo determinováno 11 druhů a 122 jedinců. Poměr počtu druhů k počtu jedinců (index diverzity podle Oduma) je 0,09, takže se převážně také jedná o složení společenstva převážně dominantním druhem.

### 5.3 Hodnocení antropogenních vlivů na ekosystém

Boháč (Boháč, 1990) navrhl index společenstev drabčků pro hodnocení antropogenních vlivů na ekosystém. Tento index lze použít i pro hodnocení antropogenního vlivu i u ostatních společenstev epigeických brouků. Kdy se jednotlivé druhy řadí do kategorií: R1,CR - druhy přirozených stanovišť, kriticky ohrožený druh R1,EN - druhy přirozených stanovišť, ohrožený druh R1,VU - druhy přirozených stanovišť, zranitelný druh R2 - druhy stanovišť středně ovlivněné činností člověka a E - druhy odlesněných stanovišť silně ovlivněné člověkem. Vzorec pro výpočet je:  $ISD = 100 - (E + 0.5 R2)$ . Hodnota se pohybuje od 0-100.

Pro lokalitu č. 1 je  $ISD = 0,095$ , což znamená, že společenstvo je velmi silně ovlivněné člověkem a ve společenstvu se objevují převážně expanzivní druhy, až na jeden jediný druh a to konkrétně *Crepidodera aurata aurata* (Marsham, 1802), který spadá do kategorie R2, což jsou většinou druhy kulturních lesů, ale i druhy neregulovaných a původnějších břehů toků.

Pro lokalitu č. 2 je  $ISD = 0$ , což znamená, že společenstvo je naprosto ovlivněné činností člověka a ve společenstvu se vyskytují pouze expanzivní druhy. V tabulce č. 7 je celkový počet druhů na obou lokalitách a kategorie daných druhů pro hodnocení antropogenního vlivu.

Tabulka č. 7: Přehled druhů a jejich zastoupení na obou lokalitách a kategorie druhů nutné pro zhodnocení stupně antropogenního vlivu

Kategorie	Druh	Kukuřice setá	Řepka olejka
E	<i>Trechus quadristriatus</i>	3	0
E	<i>Pterostichus melanarius</i>	6	5
E	<i>Poecilus cupreus</i>	98	217
E	<i>Anisodactylus binotatus</i>	2	0
E	<i>Poecilus versicolor</i>	0	6
E	<i>Pseudoophonus rufipes</i>	3	0
E	<i>Nicrophorus vespilloides</i>	1	2
E	<i>Omalius caesum</i>	5	0
E	<i>Anotylus rugosus</i>	1	1
E	<i>Philonthus cognatus</i>	1	0
E	<i>Aleochara bipustulata</i>	1	0
E	<i>Onthophagus ovatus</i>	1	0
E	<i>Amara aenea</i>	0	2
E	<i>Philonthus politus</i>	0	3
E	<i>Amischa analis</i>	0	5
E	<i>Rhagonycha fulva</i>	0	1
E	<i>Rhagonycha lutea</i>	0	1
E	<i>Oulema melanopus</i>	0	3
R2	<i>Crepidodera aurata</i>	0	3



## 6. Diskuse

Existuje mnoho odborné literatury, která se zabývá vlivem zemědělství na biodiverzitu, ale je stále ještě málo publikací, které hodnotí vliv zemědělství na biodiverzitu epigeických bezobratlých. Hodnocením vlivu zemědělství na jednotlivé skupiny se zabývá např. Holland (2002) ve své knize (*The agroecology of carabid beetles*). Posouzením vlivu pěstování energetických rostlin na biodiverzitu se zabýval také např. Dauber a kol. (2010), kdy výsledkem této práce bylo především to, že je vždy nutné při pěstování rostlin na biodiverzitu zhodnotit vědecké výsledky, které zkoumají udržitelnost a stabilitu daných přírodních nebo zemědělských stanovišť. V této práci jsem se zaměřila především na pěstování řepky olejky (*Brassica napus*) a kukuřice seté (*Zea mays L.*), protože tyto rostliny se v posledních letech začali více využívat i k energetickým účelům.

Využíváním řepky olejky jako energetické rostliny se podrobně zabýval Baranyk a kol (2007). Dle Baranyka nastal velký rozvoj výzkumu pěstitelské technologie a částečně i šlechtění řepky za existence Československé republiky a za okupace Československa se na území protektorátu pěstovala řepka na ploše téměř 42 tis. ha. Řepka olejka (*Brassica napus*) má několik využití a to nejen v potravinářském průmyslu, ale také v krmivářském. Velkým odvětvím využití řepky olejky (*Brassica napus*) je v posledních let výroba MEŘO. Je logické, že s nárůstem počtu obyvatel a jejich nároků roste i spotřeba fosilní energie především v průmyslově vyspělých státech. Podle Baranyka a kol. (2007) je globálním problémem vedle úbytku zdrojů fosilních paliv rovněž tzv. skleníkový efekt, proto se státy snaží o jejich alespoň částečnou náhradu alternativními palivy, především biopalivy s pozitivní bilancí CO<sub>2</sub>. Řepka olejka (*Brassica napus*) je sice významná pro své široké využití v mnoha oblastech, to vše ale vede k jejímu rozšíření, proto je v ČR nejčastěji pěstovanou plodinou. S monokulturami řepky olejky (*Brassica napus*) se v dnešní době můžeme setkat poměrně často a to i na území ČR. Monokultury mají vliv nejen na vzhled krajiny, ale mohou také negativně ovlivňovat okolní ekosystémy a biodiverzitu společenstev.

Další plodinou, která má poměrně důležitý energetický význam je kukuřice setá (*Zea mays L.*). Podobně jako řepka má i kukuřice mnoho využití. Pro energetické účely se využívá především na výrobu bioethanolu. Zimolka (2008) ve

své práci tvrdí, že z jedné tuny kukuřičného zrna s 65 % škrobu lze vytěžit 400l etanolu a 340 kg suchých výpalků jako vedlejšího produktu, když se tato výtěžnost převede na plochu lze tedy vytěžit z 1 ha plochy až 32hl etanolu a 2,7 t suchých výpalků. Kukuřici setou (*Zea mays L.*) lze také využít na výrobu bioplynu či k přímému spalování kukuřičné slámy.

Jelikož se tyto dvě plodiny pěstují v ČR na poměrně velkých plochách, je nutné zhodnotit i vliv na biodiverzitu ostatních společenstev. Z praktické stránky jsem hodnotila pouze diverzitu epigeických brouků. Na sledovaných lokalitách bylo za dané období získáno metodou zemních pastí 371 exemplářů. Na lokalitě č. 1, což bylo stanoviště, kde se v roce 2015 pěstovala řepka olejka (*Brassica napus*), bylo získáno 249 exemplářů náležící do 12 druhů, oproti tomu na lokalitě č. 2 bylo odebráno jen 122 exemplářů náležící do 11 druhů. Druhová rozmanitost tedy byla vyšší na lokalitě č. 1 a počet nalezených exemplářů byl o 127 kusů vyšší. Nejčastěji se vyskytující čeledí (ve vzorku) byla čeleď *Carabidae* a *Staphylinidae*, což se dalo očekávat, protože tyto čeledě patří v ČR k nejpočetnějším čeledím, co se týče počtu druhů i jednotlivců. Hlavním cílem při hodnocení společenstva bylo určit dominantní druh, kterým byl na obou lokalitách *Poecilus cupreus* (Linnaeus, 1758). Tento druh řadíme, mezi druhy eurytopní bez vyhraněných ekologických nároků Na lokalitě č. 1 byl tento dominantní druh zastoupen častěji než na lokalitě č. 2. Naopak druhy zastoupeny nejmenším počtem jedinců byly: *Philonthus cognatus*, *Aleochara bipustulata*, *Onthophagus ovatus*, *Rhagonycha fulva*, *Rhagonycha lutea* ti se v porostech vyskytli pouze o počtu jednoho jedince. Do zemních pastí jsem používala dva typy fixáže, což mi umožnilo porovnat druhy podle preference. Dle výsledků, v pastích, kde byla návnada enthylenglykol bylo zaznamenáno 119 exemplářů, v zemních pastích kde byla fixáž pouze voda, bylo 152 exemplářů.

Dle výsledků diverzita obou lokalit byla velmi nízká s převahou jednoho dominantního druhu, který lze označit za expanzivní. Při porovnání těchto dvou lokalit porost kukuřice byl nejen druhově, ale i počtem jedinců chudší. Podle výpočtu indexu hodnocení antropogenního ovlivnění jsou obě lokality velmi narušeny činností člověka. Na lokalitě č. 1 byli v zemních pastích 3 exempláře druhu *Crepidodera aurata aurata* (Marsham, 1802), který se řadí do kategorie R2.

Příčinou takto nízké diverzity na obou lokalitách je patrně mnoho faktorů. Jedním z hlavních faktorů je nejspíše to, že se jedná o monokultury plodin. Obě lokality jsou intenzivně využívány a jsou zde používány hnojiva a pesticidy proti škůdcům, což může být jednou z příčin nízké diverzity epigeických brouků. Porost řepky olejky (*Brassica napus*) je chemicky ošetřován proti výskytu blýskáčka řepkového (*Meligathes aeneus Fab.*), to může ovlivňovat i populace ostatních bezobratlých. Biodiverzitu epigeických brouků nejspíše ovlivňuje do určité míry kombinace těchto faktorů.

## 7. Závěr

Pěstování energetických rostlin a to konkrétně řepky olejky (*Brassica napus*) a kukuřice seté (*Zea mays L.*) zaznamenalo poměrně velký nárůst v posledních letech. Z hlediska agrotechnických postupů v zemědělství je praktičtější homogenní prostředí, což se ovšem příliš neslučuje s druhovou pestrostí ostatních organismů. Při hodnocení vlivu pěstování energetických rostlin na biodiverzitu je nutné zhodnotit vědecké výsledky, které zkoumají udržitelnost a stabilitu daných přírodních nebo zemědělských stanovišť. Na obou sledovaných lokalitách byla druhová diverzita epigeických brouků poměrně nízká. Na obou stanovištích byl dominantní druh *Poecilus cupreus*. Na lokalitě č. 1 jsem determinovala 12 druhů a na lokalitě č. 2 11 druhů. Na první lokalitě bylo získáno 249 exponátů epigeických brouků, oproti tomu na lokalitě č. 2 bylo získáno pouze 122 exponátů. Dané lokality jsem hodnotila v období 4 měsíců a získala jsem 371 exponátů k hodnocení diverzity a aktivity epigeických brouků. K získání vzorků jsem používala metodu zemních pastí. Všechny nalezené druhy na daných lokalitách jsou běžní a vyskytují se po celé ČR. Při hodnocení vlivu antropogenních ovlivnění jsem zjistila, že obě dvě lokality jsou zcela ovlivněny lidskou činností. Způsob hospodaření na těchto lokalitách má nejspíše za důsledek nízkou druhovou diverzitu brouků, ale svoji roli hraje i mnoho jiných faktorů.

## 8. Přehled použité literatury a zdrojů

1. ABSOLON, K. a kol. Metodika sběru dat pro biomonitoring v chráněných územích. Praha: Český ústav ochrany přírody, 2004.
2. BARANYK, Petr a Andrej FÁBRY. *Řepka: pěstování, využití, ekonomika*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2007, 208 s. ISBN 978-80-86726-26-7.
3. BOHÁČ, Jaroslav a Jan MATĚJÍČEK. *Biodiversity of staphylinid beetles (Coleoptera, Staphylinidae) in the Bohemian Forest – recent state, endangered species and their biotopes*. Ústav ekologie krajiny AV ČR, České Budějovice. Srní, 2004, s. 218-221.
4. BOHÁČ, J.: Využití společenstev drabčíkovitých (Coleoptera, Staphylinidae) pro indikaci kvality životního prostředí. *Entomologické problémy* 20 (1990) 251-258.
5. BRÁZDA, Štěpán. *Vizualizace a modelování environmentálních dat pomocí nástrojů GIS*. CENTRUM PRO VÝZKUM TOXICKÝCH LÁTEK V PROSTŘEDÍ INSTITUT BIostatistiky a ANALÝZ, 2011. Diplomová práce. MASARYKOVA UNIVERZITA PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA. Vedoucí práce Jiří Hřebíček.
6. CELJAK, Ivo, BOHÁČ, Jaroslav: Využití biomasy rychle rostoucích dřevin v energetice sídel. *Biom.cz* [online]. 2008-12-01 [cit. 2015-11-10]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/vyuziti-biomasy-rychle-rostoucich-drevin-v-energetice-sidel>>. ISSN: 1801-2655.
7. Cox, F.E.G.. *Modern Parasitology*. Blackwell Scientific Publication. (1993)
8. CVANOVÁ, Petra. *Biodiverzita a metodika hodnocení ekologických rizik*. Brno, Česká republika, 2006. Bakalářská práce. MASARYKOVA

UNIVERZITA V BRNĚ, PŘÍRODOVĚDECKÁ FAKULTA. Vedoucí práce  
Ladislav Dušek.

9. DAUBER, J., JONES, M.B., STOUT, J.C. The impact of biomass crop cultivation on temperate biodiversity. *GCB Bioenergy*, 2010, vol. 2, p. 289 - 309.
10. HAVLÍČKOVÁ, Kamila. *Zhodnocení ekonomických aspektů pěstování a využití energetických rostlin: vědecká monografie*. 1. vyd. Průhonice [Praha]: Výzkumný ústav Silva Taroucy pro krajinu a okrasné zahradnictví, 2007, 92 s. ISBN 978-80-85116-50-2.
11. HOLLAND, John M. *The agroecology of carabid beetles*. Andover: Intercept, 2002, xiv, 356 p. ISBN 1898298769.
12. HRON, František. *Kapesní atlas: učební pomůcka pro žáky studující botaniku na středních školách*. 1. vyd. Praha: Státní pedagogické nakladatelství, 1974, 403 s. *Obrazové atlasy pro všeobecně vzdělávací školy*.
13. HŮRKA, Karel. *Brouci České a Slovenské republiky: Käfer der Tschechischen und Slowakischen Republik*. 1st ed. Zlín: Kabourek, 2005, [4], 390 s. ISBN 80-86447-04-9.
14. HŮRKA, Karel. *Carabidae of the Czech and Slovak Republics: [illustrated key]*. 1st ed. Zlín: Kabourek, 1996, 565 s. ISBN 80-901466-2-7.
15. JARKOVSKÝ, Jiří, Simona LITTNEROVÁ a Ladislav DUŠEK. *Statistické hodnocení biodiverzity*. Vyd. 1. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2012, 76 s. ISBN 978-80-7204-790-1.
16. JAVOREK, Vladimír. *Kapesní atlas brouků s určovacím klíčem vyobrazených druhů*. 1. vyd. Praha: SPN, 1964, 254 s.

17. KÁRA, Jaroslav: *Sláma jako palivo - technické předpoklady a ekonomika. Biom.cz* [online]. 2003-11-24 [cit. 2015-11-08]. Dostupné z WWW: <<http://biom.cz/cz/odborne-clanky/slama-jako-palivo-technicke-predpoklady-a-ekonomika>>. ISSN: 1801-2655.
18. KOHOUT, Pavel. *Rychle rostoucí dřeviny v energetice: (topoly a vrby) : [odborná monografie]*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2010, 101 s. ISBN 978-80-7394-247-2.
19. KRIŠTÍN, Ján a František BURDA. *Zemědělská výroba pro střední zemědělské technické školy, studijní obor mechanizace zemědělské výroby*. 1. vyd. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1978, 323 s. Rostlinná výroba (Státní zemědělské nakladatelství).
20. LEPŠ, Jan a Petr ŠMILAUER. *Mnohorozměrná analýza ekologických dat*. Biologická fakulta Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. České Budějovice, 2000.
21. PETERKA, Jiří, Stanislav KUŽEL a Ladislav KOLÁŘ. *Komplexní využití biomasy: (návod pro cvičení)*. 1. vyd. České Budějovice: Jihočeská univerzita v Českých Budějovicích, Zemědělská fakulta, 2011, 49 s. ISBN 978-80-7394-264-9.
22. REICHHOLF, Josef. *Pole a louky: ekologie střeoevropské kulturní krajiny*. Vyd. 1. Praha: Knižní klub, 1999, 223 s. Průvodce přírodou (Knižní klub). ISBN 80-7176-873-1.
23. STRAŠIL, Zdeněk. *Trávy jako energetická surovina: certifikovaná metodika pro praxi*. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2011, 36 s. ISBN 978-80-7427-078-9.

24. ŠARAPATKA, Bořivoj. *Agroekologie: východiska pro udržitelné zemědělské hospodaření*. Olomouc: Bioinstitut, 2010, 440 s. ISBN 978-80-87371-10-7.
25. VÁCLAVÍK, Tomáš. *Ekologické zemědělství a biodiverzita*. Praha: Ministerstvo zemědělství České republiky, 2006, 16 s. ISBN 80-7084-485-x.
26. VAŠÁK, Jan a Andrej FÁBRY. *Systém výroby řepky: Přehledná technologie*. Norddeutsche Pflanzenzucht Hans- Georg Lembeke K.G Hohenlieht. Praha: Thomas Mann - Bonn, 1991.
27. www.zemedelskekomodity.cz. *Zemědělské komodity* [online]. České Budějovice: MDjay, 2015, 10.10.2015 [cit. 2015-11-08]. Dostupné z: <http://www.zemedelskekomodity.cz>
28. WHITTAKER, R.H. (1997): Evolution and measurement of species diversity. *Taxon* (International Association for Plant Taxonomy (IAPT) 21 (2/3):213-250
29. FÁBRY, Andrej. *Olejniny*. 1. vyd. Praha: Ministerstvo zemědělství ČR, 1992, 419 s. ISBN 8070840439.
30. NOVÁK, Karel. *Metody sběru a preparace hmyzu*. 1. vyd. Praha: Academia, 1969, 243 s.
31. ZIMOLKA, Josef. *Kukuřice: hlavní a alternativní užitkové směry*. 1. vyd. Praha: Profi Press, 2008, 200 s. ISBN 978-80-86726-31-1.
32. *Mezinárodní konference Biomasa & Energetika: sborník referátů*. 2009. v Praze: Profi Press, za podpory MPO ČR, 2009. ISSN 1801-2655.
33. MÍCHAL, Igor. *Ekologická stabilita*. 1. vyd. Brno: Veronica, 1992, 243 s. ISBN 80-85368-22-6.
34. BOHÁČ, J. 1999: Staphylinid beetles as bioindicators. *Agriculture Ecosyst. And Envir.*, 74: 357-372



35. BOHÁČ. J., Moudrý J. & Desetová L., 2007: Biodiverzita a zemědělství.

Život. Prostr., 41: 24-29.

36. JAHNOVÁ Z., BOHÁČ J., 2011: Společenstva epigeických brouků

(Coleoptera: Carabidae, Staphylinidae) v porostech bylin pro energetické

účely (Communities of epigeic beetles (Coleoptera: Carabidae,

Staphylinidae) on the plantations of herbs for energetic purposes). Acta Mus.

Beskid.

## 9. Seznam použitých zkratek

**ČR** – Česká republika

**SR** – Slovenská republika

**EU** – Evropská unie

**OZE** – obnovitelné zdroje energie

**ŽP** – životní prostředí

**RRD** – rychle rostoucí dřeviny

**TTR** – trvalé travní porosty

**BPS** – bioplynová stanice

**MPO** – ministerstvo průmyslu a obchodu

**MŽP** – ministerstvo životního prostředí

**ČOV** – čistička odpadních vod

**MEŘO** – metylester řepkového oleje

## 10. Přílohy

Příloha č. 1: Lokalita č. 1, pole řepky, na kterém byli odebírány vzorky



Zdroj: autorka

Příloha č. 2: Fotografie zemní pasti v porostu řepky olejky (*Brassica napus*)



Zdroj: autorka



Příloha č. 3: Porost kukuřice na lokalitě č. 2



Zdroj: autorka

Příloha č. 4: *Poecilus cupreus* (Linnaeus, 1758), samice



Zdroj: <http://www.biolib.cz/cz/taxonimage/id138606/?taxonid=556307>, cit. 12.11.2015