

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA

Studijní program: B4131 Zemědělství

Studijní obor: Agroekologie – Péče o krajinu

Katedra: Katedra agroekosystémů

Vedoucí katedry: doc. Ing. Petr Konvalina, Ph.D.

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Diverzita včel opylujících vybrané druhy plodin a jejich
kontaminace pesticidy**

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Ladislav Kolář, DrSc.

Konzultant diplomové práce: doc. Ing. Martin Šlachta Ph.D.

Autor diplomové práce: Bc. Marian Hýbl

České Budějovice, 2017

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
Fakulta zemědělská
Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE (PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Marian HÝBL**
Osobní číslo: **Z15294**
Studijní program: **N4101 Zemědělské inženýrství**
Studijní obor: **Agroekologie - Péče o krajinu**
Název tématu: **Diverzita včel opylujících vybrané druhy plodin a jejich kontaminace pesticidy**
Zadávací katedra: **Katedra agroekosystémů**

Zásady pro vypracování:

Diverzita včel samotárek a čmeláků v posledních desetiletích klesá, stejně jako životaschopnost a imunita včely medonosné. Příčinou je přeměna krajiny a celková chemizace prostředí. Mízi především hnízdní biotopy a kvetoucí rostliny, včely jsou mnohdy odkázány pouze na opylování monokultur. Existuje málo poznatků o diverzitě včel podílejících se na opylování jednotlivých plodin a o míře jejich kontaminace pesticidy. Cílem práce bude vypracovat rešerši o významu včel pro opylování a pro bioindikaci intenzity zemědělského hospodaření na necílové druhy hmyzu. Součástí rešerše bude také přehled poznatků o vlivu pesticidů na včely a o legislativních opatřeních na podporu populací opylovačů v krajině. Bude proveden odchyt včel do žlutých (Moerickeho) pastí v podniku hospodařícím ekologicky a v podniku pěstujícím konvenčně řepku. U včel odebraných v době květu řepky bude následně provedena analýza obsahu pesticidů a jejich reziduí a porovnána mezi podniky. Diskutovány budou také rozdíly v diverzitě včel a v množství krajinných prvků (za pomoci databáze LPIS a Mapomat).

Rozsah grafických prací: dle potřeby
Rozsah pracovní zprávy: 30-60 stran
Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

- Barganska Z., Slebioda M. a Namiesnik J. 2016: Honey bees and their products: Bioindicators of environmental contamination. Critical Reviews in Environmental Science and Technology 46(3): 235-248.**
Bartomeus I. A kol. 2014: Contribution of insect pollinators to crop yield and quality varies with agricultural intensification. PeerJ, 2:e328; DOI 10.7717/peerj.328.
Hopwood J. a kol. 2012: Are neonicotinoids killing bees? A review of research into the effects of neonicotinoid insecticides on bees, with recommendations for action. The Xerces Society for Invertebrate Conservation, 33 s, www.xerces.org
Isering R. 2010: Pesticides and the loss of biodiversity. Hows intensive pesticide use affects wildlife populations and species diversity. Pesticides Action Network Europe, 25 s, www.pan-europe.info
Klein A.M. a kol. 2007: Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. Proc.R.Soc. B, 274: 303-313.
Kremen C. a kol. 2002: Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.262413599
Macek J., Straka J., Bogusch P., Dvořák L., Bozděčka P., Tyrner P. 2010: Blanokřídří České republiky. I. Žahadlovití. Praha, Academia, 254 s.
Potts S.G. a kol. 2010: Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. Trends in Ecology and Evolution 25(6): 345-353.

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Ladislav Kolář, DrSc.
Katedra agroekosystémů

Datum zadání diplomové práce: 15. března 2016
Termín odevzdání diplomové práce: 30. dubna 2017


prof. Ing. Miroslav Šuch, CSc., Dr. h. c.
děkan

JIHOČESKÁ UNIVERZITA
V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH
ZEMĚDĚLSKÁ FAKULTA
Třešňová 139
370 05 Čestláč (Příbram)


doc. Ing. Petr Komárek, Ph.D.
vedoucí katedry

V Českých Budějovicích dne 20. ledna 2017

Prohlášení

Prohlašuji, že v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. v platném znění souhlasím se zveřejněním své diplomové 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.

České Budějovice, duben 2017

.....

Marian Hýbl

Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval prof. Ing. Ladislavu Kolářovi DrCs., vedoucímu diplomové práce za odborné vedení, vstřícný přístup, věcné připomínky a pomoc při zpracování této diplomové práce. Další, ne menší poděkování patří doc. Ing. Martinu Šlachtovi, Ph.D. za odborné vedení, věcné konzultace, mnoho cenných zkušeností, zážitků a mnoho času a energie, které mi věnoval. V neposlední řadě bych rád poděkoval doc. Ing. Petru Konvalinovi, Ph.D., jakožto vedoucímu katedry za skvělé zázemí a podporu.

Abstrakt

Měření diverzity a chemické kontaminace včel probíhalo na dvou lokalitách. Na lokalitě Zborov, pěstující konvenčně řepku a lokalitě Malonty, kde se hospodář v ekologickém režimu. Na lokalitě Zborov bylo chyceno 81 jedinců ze 3 čeledí, čítající 20 druhů. Analýzy navíc potvrdily kontaminaci včel pesticidy. Oproti tomu v lokalitě Malonty bylo chyceno 229 jedinců z 5 čeledí, čítající 36 druhů. Analýza včel z této oblasti vyvrátila přítomnost pesticidů.

Klíčová slova

Včely, diverzita, pesticidy, opylovači

Abstract

Measurement of diversity and chemical contamination of bees took place at two locations. At the Zborov site, conventionally growing rape and Malonty, where it is managed in an ecological regime. At the Zborov locality, 81 individuals from 3 families, including 20 species, were captured. In addition, analyzes have confirmed the presence of pesticides in bees. In contrast, 229 individuals from 5 families, including 36 rings, were seized at Malonty. Analysis of bees in this area has rebutted the presence of pesticides.

Keywords

Bees, diversity, pesticides, pollynators

Obsah

1	Úvod a cíle práce.....	6
2	Literární přehled.....	8
2.1	Opylovači	8
2.1.1	Včelovití (<i>Apoidea</i>).....	8
2.1.2	Rozdělení včel podle životní strategie:	9
2.1.3	Opylování zemědělských kultur.....	12
2.1.4	Vliv prostředí na opylovače	15
2.1.5	Zdravotní stav včel.....	18
2.1.6	Pesticidy	19
2.1.7	Posuzování rizik pro systémovou aplikaci pesticidů	24
2.1.7.1	<i>Mikrokolonie</i>	26
2.1.8	Včela medonosná jako bioindikátor.....	26
2.1.9	Včela medonosná jako vektor bioagens.....	27
2.1.10	Aktuální stav opylovačů.....	27
3	Materiál a metodika.....	29
3.1	Lokality	29
3.2	Metodika měření.....	29
3.2.1	Měření diverzity	29
3.2.2	Analýza pesticidů a jejich reziduí	29
3.3	Monitoring land use a krajinných prvků	30
4	Výsledky	31
4.1	Popis a zmapování lokalit.....	31
	Zborov	31
	Malonty	33
	Porovnání geografických rozdílů a land use	35
4.2	Polní hospodaření	36
	Zborov	36
	Malonty	36
	Porovnání osevních postupů z hlediska poskytování pastvy včelám.....	37
4.3	Chemické ošetření porostu	37

Zborov	37
Malonty	41
Porovnání aplikovaných a detekovaných pesticidů	41
4.4 Analýza pesticidů a jejich reziduí	42
Zborov	42
Malonty	42
Porovnání detekovaných pesticidů a reziduí	43
4.5 Diverzita včel	43
Zborov	44
Malonty	47
Porovnání diverzity včel	48
5 Diskuse	53
6 Závěr	55
7 Literární zdroje	57
8 Přílohy	72

1 Úvod a cíle práce

Včely se údajně objevily současně s prvními kvetoucími rostlinami, a od té doby probíhal jejich vývoj s kvetoucími rostlinami souběžně. Proto nemá žádná jiná skupina tak těsný vztah ke kvetoucím rostlinám (Macek, 2001).

Včelovití (*Apoidea*) jsou různorodou skupinou zahrnující samotářské, sociální a kleptoparazitické druhy živící se výhradně pylem a nektarem. (Macek et al., 2010). Čeleď včelovití (*Apoidea*), zahrnuje přibližně 430 rodů a okolo 16 tisíc druhů (Straka a kol., 2007). Mezi zemědělsky nejdůležitější rody v ČR patří včely (*Apis*), čmeláci (*Bombus*), pačmeláci (*Psithyrus*) a samotářské včely, kterých se u nás se vyskytuje 6 rodů a přes 600 druhů (Veselý et al., 1985).

Včely (*Apoidea*) jsou nejdůležitější opylovači zemědělských plodin a odhaduje se, že 30% rostlinné produkce závisí právě na opylení včelami (O'Toole, 1993). Navíc je mnoho divoce rostoucích rostlin (odhaduje se 60-90%) závislých na opylení hmyzem, přičemž největší podíl na opylení mají právě včely (*Apoidea*) (Spivak a kol. 2011).

Kromě zlepšení kvalitativních i kvantitativních charakteristik zemědělské produkce (především u zeleniny, ovoce a osiva) také aktivita včel významně přispívá k širší rostlinné biodiverzitě a zlepšení rovnováhy ekosystému (Delaphane and Mayer, 2000). Je tedy nad míru znepokojující pokles divokých opylovačů a dopad, který tento jev může mít na zemědělskou produkci a celkový krajinný ráz (Matheson et al., 1996).

V současnosti je hlášen pokles početnosti kolonií *A. mellifera* a biodiverzity divokých včel z různých regionů (Biesmeijer et al., 2006). Předpokládá se, že krize opylovačů má a bude mít rozsáhlý dopad nejen na zemědělství a s ním související ekonomiku (Gallai et al., 2009), ale také na druhovou diverzitu rostlin na ně vázaných organismů (Biesmeijer et al., 2006) a celkový ráz krajiny (Ricketts et al., 2008). Hlavními faktory přispívající k poklesu původních druhů opylovačů je fragmentace krajiny, ztráta přírodních stanovišť a používání pesticidů (Cane a Tepedino, 2001). Komě snižování stavu divoce žijících včel v posledních letech dochází také k závažným ztrátám kolonií *A. mellifera* kvůli škůdcům, chorobám, znečištění pesticidy a dalším faktorům (Matheson et al., 1996).

Znečištění pesticidy v intenzivně obhospodařované krajině představuje nebezpečný fenomén, protože tyto látky se hromadí ve vegetaci, vodě i půdě a způsobují poškození prospěšných organismů, jako jsou včely (Porrini et al., 2002). V zemědělských oblastech jsou kolonie *A. mellifera* používány běžně jako bioindikátory znečištění životního prostředí. Krom stavu kolonie se zjišťuje chemické znečištění prostředí prostřednictvím chemických analýz včel a včelích produktů, což má velkou vypovídající schopnost o stavu prostředí. To dělá ze včel obecně přijímaný bioindikátor. (Balayiannis and Balayiannis, 2008).

Cílem práce je seznámit čtenáře s významem včel (*Apoidea*) pro opylování a pro bioindikaci intenzity zemědělského hospodaření na necílové druhy hmyzu. Popsat

vliv pesticidů na včely a legislativní opatření na podporu populací opylovačův krajině. A v neposlední řadě popsat rozdíly v diverzitě a kontaminaci opylovačů na rozdílně obhospodařovaných zemědělských lokalitách.

2 Literární přehled

2.1 Opylovači

Opylovač je živočich, který umožňuje opylení, tj. přenáší pyl z jedné rostliny na druhou, respektive z prašníků jedné rostliny na bliznu jiné rostliny. Opylovači se uplatňují zejména u krytosemenných rostlin (Veselý, 1985)

Z ekologického hlediska se vztah mezi rostlinami a opylovači jeví jako mutualismus, tedy symbiotický, oboustranně prospěšný vztah. Kvetoucí rostliny poskytují opylujícím živočichům pyl a nektar, a opylovači "na oplátku" rozšiřují jejich pyl na jiné rostlinné jedince téhož druhu, čímž umožňují opylení, tedy oplodnění rostlin (Faegri, Pijl. 1979).

2.1.1 Včelovití (*Apoidea*)

Tato nadčeleď je různorodou skupinou spadající taxonomicky do řádu blanokřídlí (*Hymenoptera*). Do včelovitých spadají malé až velké druhy (4 – 40mm). Patří mezi ně samotářské, sociální a kleptoparazitické druhy. Včely jsou skupinou specializovanou na sběr nektaru, pylu a rostlinných olejů, které jsou potravou jak pro dospělé, tak pro larvy. Vzhledem k potravní strategii se u těchto organismů (kromě parazitujících druhů) vyvinul pylosběrný aparát specializovaný k efektivnímu sběru a transportu pylu a k získávání nektaru specializované ústní ústrojí – sosák (Macek et al., 2010).

Taxonomické zařazení

Říše:	živočichové (Animalia)
Kmen:	členovci (Arthropoda)
Třída:	hmyz (Insecta)
Řád:	blanokřídlí (Hymenoptera)
Podřád:	štíhlopasí (Apocrita)
Nadčeleď:	včely (Apoidea)

Ve světě se vyskytuje 7 čeledí, z toho můžeme najít zástupce z 6 čeledí v ČR.

Taxonomické rozdělení čeledí

Včelovití (Apiformes)

- a) Hedvábnicovití (Colletidae)
- b) Pískorypkovití (Andrenidae)
- c) Ploskočelkovití (Halictidae)
- d) Pilorožkovití (Melittidae)
- e) Čalounicovití (Megachilidae)
- f) Včelovití (Apidae)

Dle Macka et al. (2010) se včely dělí dle potravní specializace:

- a) Monolektické – Nejužžeji specializované druhy, sbírající pyl a nektar pouze z určitého druhu rostliny. Tento typ specializace se vyskytuje jen vzácně.
- b) Oligolektické – Již méně specializované druhy, sbírající pyl a nektar z několika příbuzných druhů rostlin. V případě nedostatku se však často přizpůsobí na právě dostupný druh rostlin.
- c) Polilektické – Využívají všechny dostupné zdroje pylu a nektaru, díky nízkému stupni specializace jsou tedy nejprizpůsobivější.

2.1.2 Rozdělení včel podle životní strategie:

2.1.2.1 Samotářsky žijící včely

Většina včel hnízdí jednotlivě a odděleně od ostatních. Hnízdo si vytváří v zemi, ve zdech z hliněných cihel, ve stéblech rákosu, ulitách, nebo v opuštěných chodbách po jiném hmyzu. Hnízdo tvoří přístupová chodba a plodové komůrky umístěny zpravidla na konci chodby. Komůrky jsou od sebe odděleny přepážkami. Stěny komůrek jsou zhotoveny z rozmanitého ústrojného i neústrojného materiálu a vnitřní strana je potřena sekretem Dufourovy žlázy. Sekret komůrku zpevňuje, brání vniku infekcí z prostředí, pomáhá udržovat vlhkost a zabraňuje prosakování nektaru. K uzavření komůrky dochází až po jejím naplnění potravou a nakladení vajíčka. Nicméně i samotářské včely mohou zakládat hnízdní agregace, kdy mají do hnízd společný vchod, ale hnízdí odděleně. Takovéto agragace mohou čítat až tisíc jedinců (Macek et al., 2010).

U samotářských včel se nevyskytují dělnice, ale jen dokonalé pohlavní formy samečka a samičky (Zurbuchen et al., 2010). V uzavřeném hnízdě probíhá životní cyklus tak, že z vajíčka se vylíhne larva, která se poté, co spotřebuje všechny zásoby, zakuklí a ještě do zimy projde přeměnou v dospělce. Tři čtvrtiny roku (léto, podzim a zimu) přežívá vyvíjející se jedinec v zemi. Dospělec vylétá na jaře a vše se opakuje (Doležalová, Straka, 2011).

Samotářské včely jsou velmi zdatnými opylovači a v některých případech dokonce i výkonnějšími než *A. mellifera*. Jsou totiž schopny létat (tedy opylovat) i za nižších teplot a horších povětrnostních podmínek (brzy z rána i pozdě večer) a některé druhy jsou specializovány na opylení včelou medonosnou špatně opylitelných druhů rostlin. Mívají zpravidla menší dolet, než včela medonosná, proto nelétají za kilometry vzdálenou pastvou, ale opylují rostliny v místě hnízdiště. (Zurbuchen et al., 2010).

2.1.2.2 Paraziticky žijící samotářské včely

Tvoří početnou skupinu napříč čeledmi. Tyto druhy praktikují kleptoparazitismus, též označovaný jako hnízdní parazitismus. Samice takto žijících druhů nemají vyvinut pylosběrný aparát, a tudíž nemají znatelné ochlupení, naopak mají silnější kutikulu (jsou chráněny před žihadlem hostitele). Nebudují si vlastní hnízda, ale svá vajíčka kladou do cizích plodových komůrek hostitelských druhů včel. Jejich larvy se po odstranění hostitelského vajíčka/larvy živí na zásobách hostitelského druhu. Tato skupina včel nemá pro opylení velký význam (Macek et al., 2010).

2.1.2.3 Sociálně žijící včely

V ČR do této skupiny spadá včela medonosná (*A. mellifera*) a čmeláci (*bombus*).

Včela medonosná (*Apis mellifera*)

A. mellifera je vývojově nejdokonalejší druh rodu včela i celé čeledi včelovitých. Patří mezi sociální hmyz žijící ve včelstvech tvořených 40 000 – 80 000 jedinci, z nichž žádný však není schopen samostatné existence.

Včelstvo se dělí na kasty, matku (plně vyvinutou, plodnou samici), dělnice (pohlavně nevyvinuté samice) a trubce (krátce žijící samce). Všechny tyto kasty se liší velikostí i stavbou těla. Každá kasta má ve včelstvu přesně vymezenou roli. Včely si staví hnízdo ze včelího vosku, který je vylučován mladými dělnicemi. Po oplození má matka dostatečné zásoby spermatu pro několik let kladení. Včela absolvuje proměnu dokonalou. Proto se z vajíčka po několika dnech vyklube larva, z ní kukla a z kukly dospělec. Při poruše kladení, či jiných neduzích je včelami matka vyměněna za novou. Reprodukce jedinců však neznamená reprodukci včelstva. Ta probíhá za příznivých podmínek takzvaným rojením, kdy se část včelstva se starou matkou oddělí a v původním hnízdě zůstane matka nová. Společenství včely medonosné je na rozdíl od jednoletých hnízd čmeláků víceleté. Včelstvo přezimuje v mnohovrstevném chomáči, uprostřed kterého je ukryta matka. Uprostřed chomáče se udržuje teplota mezi 20-35°C, ovšem na povrchu chomáče může být teplota jen kolem 10°C.

Včela medonosná vytváří v Evropě několik plemen. U nás se chová převážně včela kraňská (*Apis mellifera carnica*), introdukovaná ze středomoří pro své dobré vlastnosti, jako je mírnost, rychlý jarní rozvoj a velký výnos medu (Veselý et al., 1985).

A. Mellifera je považována za nejdůležitější živočišné opylovače zemědělských systémů, poskytující opylovací služby po celém světě. Odhadem se cena opylení zemědělských kultur pohybuje kolem 200 miliard \$ (Gallay et al. 2009).

Vedle zřejmého přínosu včelých produktů (med, pyl, vosk, propolis a mateří kašičky), je totiž *A. mellifera* jedním z nejúčinnějších opylovačů široké škály planě rostoucích rostlin i tržních plodin ve světě (Maheshwari, 2003). Krom zlepšení kvalitativních i kvantitativních charakteristik zemědělské produkce, jako jsou zelenina, ovoce a osiva také aktivita včely medonosné významně přispívají k širší rostlinné biodiverzitě a zlepšení rovnováhy ekosystému (Delaphane and Mayer, 2000).

Čmeláci

Čmeláci patří stejně jako včela medonosná mezi sociálně žijící hmyz. Dospělí jedinci také vytvářejí kasty, stejně jako *A. mellifera*, tedy matku, dělnice a trubce. Po dobu vývoje kolonie jsou v hnízdě také přítomny vajíčka, larvy a kukly. Nicméně čmeláci v našich geografických podmínkách žijí po značnou část roku v soliterní fázi (osamoceně) a hnízdo zakládá až na jaře oplozená matka. Tento jev se označuje, jako eusociální způsob života. Rozmnožovací cyklus tedy vypadá následovně:

Oplozená samička (matka) v soliterní fázi brzy z jara opusní zimoviště a na vhodném místě založí nové hnízdo. Až do vyhlíhnutí prvních dělnic zastává jejich práci, tedy obstarává krmení a brání hnízdo. Po vylíhnutí prvních dělnic se líhnou trubci a kolonie brzy nabývá organizační struktury velmi podobné včelstvu. Postupem času se hnízdo rozpadne a přezimují pouze oplození samičky (Krieg et al., 2009)

Jsou také významnými opylovači. V České republice se vyskytuje 29 druhů čmeláku (Pavelka a Smetana, 2003). V dnešní době jsou čmeláci využíváni ke komerčnímu opylování různých druhů rostlin ve sklenících a ovocných sadech. K těmto účelům je nejčastěji využíván čmelák zemní (*Bombus terrestris*) (Ptáček, 2008). Čmeláci jsou velmi aktivní ve sbírání pylu, v důsledku toho opylují i větší počet květů. Některé druhy čmeláků vylétají na pastvu časně zrána a do hnízda se vrací v pozdějších hodinách. Jsou odolnější proti chladu a vlhku. Mohou tedy opylovat v nepříznivém počasí, kdy včely zůstávají v úlech a doplňovat tak nedostatky v opylení včelou medonosnou. (May, 1959).

Potřeba čmeláků je dále vidět především na schopnosti opylet včelami špatně opylitelné květy. Čmelák je výhradním opylovačem dlouhotrubkových květů (např. jetele lučního). Hodnota opylovací činnosti čmeláků je z pohledu zachování krajiny nesmírná, nicméně těžko vyčíslitelná.

Nicméně vzhledem k úbytku včely medonosné se dá počítat s postupným zvyšováním významnosti čmeláků pro opylování divoce rostoucích rostlin i zemědělských plodin.

Již dnes existují plodiny, které jsou opylovány a to především v prostředí skleníků výhradně čmeláky. Jsou to hlavně rajčata, u kterých není *A. mellifera* schopna zajistit kvalitní opylení.

Dále bylo celkově prokázáno, že čmeláci jsou mnohem výhodnějšími opylovači, než včela právě pro uzavřené systémy, jako jsou například skleníky (Ruijter, 1996).

K efektivnímu opylení jednoho hektaru rostlin pěstovaných ve skleníku (např. rajčat) stačí jen 2 – 3 hnízda čmeláků (Kreig et al. 2009).

Pro své vlastnosti jsou dnes tedy čmeláci, jako opylovači využíváni masově ke komerčnímu opylení květů nejrůznějších rostlin v izolátorech. Čmeláci jsou využíváni v takové míře, že dochází k dovozu a introdukci nepůvodních druhů a populací. (Ings et al., 2007).

Mezi čmeláky a mnoha druhy rostlin, které čmelákům poskytují potravu, se vyvinul velice úzký vztah, kdy je existence jednoho druhu závislá na druhém. Jde především o rostliny s hlubšími květy, na jejichž dno zpravidla opylovači s kratším sosákem nedosáhnou a druhy s pevně sevřenými korunními plátky květů jsou většinou schopni opylovat pouze čmeláci a to z důvodu robustní tělesné konstituce. Takovéto druhy rostlin jsou čmeláky dokonce oproti rostlinám s mělčími květy preferovány (Kreig et al. 2009).

2.1.3 Opylování zemědělských kultur

Přestože se již po řadu let provádí po celém světě výzkumy, snažící se porozumět míře přínosu opylení, tedy vlivu na výnos a kvalitu produkce, stále existuje překvapivě málo informací o skutečné míře závislosti rostlin na opylení a to včetně majoritních plodin (Klein a kol., 2007; Garibaldi et al, 2011.; Garibaldi et al., 2013)

Vzhledem k drastickým změnám v diverzitě hmyzu, který navštěvuje kvetoucí plodiny (Bommarco et al., 2011) a poklesu počtu opylovačů v některých regionech (Carvalho et al., 2013) je stále důležitější získat informace o rozsahu, v jakém jsou různé plodiny závislé na opylování hmyzem a uspokojit poptávku po opylování, tak aby byly kvalita i výnosy zemědělských plodin maximalizovány (Breeze et al., 2011).

Je třeba posoudit závislost výnosu na opylení a dobře odhadnout přínos, který mohou opylovači poskytnout vzhledem k výnosu plodin (Garibaldi et al., 2013). Obecně platí, že odpovídající opylení často vede ke zvýšení kvality i kvantity produkce, a to jak u trvalých kultur (ovocné sady), tak i u klasických polních kultur (Garratt et al., 2013).

Obecně je známo, že službu opylení v zemědělství zajišťují především živočichové z nadčeledi *Apoidea*. Tedy *A. mellifera*, čmeláci a soliterní včely, kteří jsou přední a ekonomicky nejdůležitější skupinou opylovačů na celém světě (Klein et al 2007). V globálním měřítku je 75% majoritních druhů plodin aspoň do určité míry závislých na opylování (Klein et al., 2007). V Evropě je to dokonce 84% druhů hlavních

zemědělských plodin (Williams, 1994), jejichž výnos závisí na návštěvě květů opylovači zcela (např. ovocné stromy), nebo jen částečně, jako je tomu u řepky ozimé (*Brasica napus*) (Klein et al., 2007). Asi 35% celosvětové produkce potravinářských plodin závisí na opylovačích, z čehož vyplívá, že cena opylení se pohybuje kolem 200 miliard \$ za rok (Gallay et al. 2009). Mimo to opylovači také poskytují službu opylení planě rostoucím rostlinám, z nichž jen v Evropě 80% potřebují k opylení hmyz (Kwak et al., 1998), což dále jen potvrzuje také jejich ekologický význam (Biesmeijer et al. 2006).

Opylení obecně zvyšuje kvalitu i kvantitu výnosu a to prakticky u všech kvetoucích hospodářských rostlin. Míra zvýšení výnosu je ovšem kvůli velké proměnlivosti odrůd (především u řepky) velmi diskutabilní (Stanley, Gunning & Stout, 2013; Garratt et al, 2013), nicméně i u plodin a odrůd u kterých bylo pozorováno malé, či nepatrné zvýšení výnosu bylo prokázáno zlepšení kvality a to nutriční i osivářské (Bjorkman, 1995), což může mít velký ekonomický význam pro zemědělce (Klatt et al., 2014). U řepky bylo zjištěno, že opylované rostliny poskytují více oleje. Oproti tomu u bobu nebyla zjištěna žádná prokazatelná závislost mezi opylením a obsahem dusíkatých látek. Nicméně i přes zvýšení výnosu semen bobu nebyl pozorován úbytek dusíkatých látek, což v závěru stejně vedlo k vyšší výtěžnosti proteinů z bobu, aniž by došlo k rozšíření obhospodařované plochy, nebo intenzivnějšímu hnojení (Kopke & Nemecek, 2010). Dalším kvalitativním znakem přímo závislým na opylení se zdá být i tvar plodů, jako je tomu u jahod (Zebrowska, 1998).

Především pro opylení včelami špatně opylovatelných druhů jako jsou např. bobovité (*fabaceae*) je důležitá heterogenita krajiny poskytující útočiště divokým opylovačům. Garibaldi et al. (2013) poukazuje na důležitost divokých opylovačů, kdy dostatečné množství a diverzita divokých opylovačů může zvýšit výnos ovocných sadů až dvakrát více, oproti opylení pouze včelou medonosnou. K takovému zvýšení může dojít za předpokladu zvýšení nebo zachování vysoké biodiverzity opylovačů (Greenleaf a Kremen, 2006), čímž se mimo jiné také snižuje riziko selhání opylení *A. mellifera* v důsledku klimatických změn (Rader et al, 2013; Bartomeus et al., 2013), a extrémních povětrnostních jevů (Brittain, Kremen & Klein, 2012).

2.1.3.1 Vliv včely medonosné (*A. mellifera*) na opylení

Vedle zřejmého přínosu včelích produktů (med, pyl, vosk, propolis a mateří kašičky), je *A. mellifera* jedním z nejúčinnějších opylovačů široké škály planě rostoucích rostlin a základních plodin ve světě (Maheshwari, 2003). Krom zlepšení kvalitativních i kvantitativních charakteristik zemědělské produkce, především u zeleniny, ovoce a osiva také aktivita *A. mellifera* významně přispívají k širší rostlinné biodiverzitě a zlepšení rovnováhy ekosystémů (Delaphane and Mayer, 2000).

Vzhledem k tomu, že druhová diverzita opylovačů soustavě a drasticky klesá v důsledku úbytku přirozeného prostředí, což je dáno intenzivním obhospodařováním (Kennedy et al., 2013), mnoho zemědělských kultur opylovává právě *A. mellifera*, u které je oproti divokým opylovačům závislost na krajinných charakteristikách menší. A to z důvodu možnosti řízení opylování, ke kterému ve větším měřítku dochází

zejména v Severní Americe a Evropě, kde jsou ohromné počty včelstev přesouvány za snůškou (Garibaldi et al., 2013). Z tohoto důvodu, přísuny *A. mellifera* mohou také pomoci zmírnit ztráty způsobené úbytkem divokých opylovačů v mnohem intenzivněji využívané krajině, kde jsou služby divokých opylovačů degradovány.

Vzhledem k úbytku včelstev a nedokonalému opylení některých plodin *A. mellifera* je pro stabilizaci výnosu vhodné udržovat v krajině i další opylovače, kteří by doplňovali opylovací servis (Hoehn et al., 2008).

2.1.3.2 Vliv divokých opylovačů na opylení

Současné zemědělské systémy se spoléhají při opylení plodin i trvalých kultur na velké počty *A. mellifera* (Artz et al., 2013). Nicméně vzhledem k masovým úhynům včelstev, které jsou pozorovány Evropě a hlavně v USA (Stokstad, 2007) by měla být závislost na *A. mellifera* zmírněna přítomností jiných druhů opylovačů, které jsou stejně nebo více efektivními opylovači. Jeden z druhů, který je testován pro řízené opylení je *Osmia lignaria* (Artz et al., 2013). Přítomnost divokých opylovačů je dále velmi důležitá pro opylení včelami špatně opylovatelných plodin, jako jsou např. bobovité (*fabaceae*). K výskytu divokých opylovačů je důležitá heterogenita krajiny poskytující jim hnízdiště (Bartomeus & Winfree, 2013).

Garibaldi et al. (2013) poukazuje na důležitost divokých opylovačů, kdy dostatečné množství a diverzita divokých opylovačů může zvýšit výnos zemědělských kultur (především ovocných sadů) až dvakrát více, oproti opylení pouze *A. mellifera*. Zvýšení nebo zachování vysoké biodiverzity opylovačů může zvýšit množství a stabilitu výnosu zlepšením účinnosti opylování, které poskytuje *A. mellifera* (Greenleaf a Kremen, 2006), a snížit tak riziko selhání opylování v důsledku klimatických změn (Bartomeus et al., 2013) a extrémních povětrnostních jevů (Brittain, Kremen & Klein, 2012).

Vzhledem k úbytku včelstev a nedokonalému opylení některých plodin včelou *A. mellifera* je tedy nezbytné udržovat v krajině i další opylovače, kteří by doplňovali opylovací servis (Hoehn et al., 2008; Klein et al., 2012).

2.1.3.3 Synergický efekt opylovačů při opylení

Dalším argumentem poukazujícím na důležitost divokých opylovačů pro zemědělství jsou zatím málo prozkoumané mezidruhové interakce mezi opylovači schopné potencionálně ovlivnit způsoby chování opylovačů vedoucí ke zvýšení účinnosti opylení (Greenleaf, Kremen, 2006). Mezi *A. mellifera* a divokými opylovači funguje mechanismus, díky kterému jsou navštěvovány samčí a samičí květy střídavě za sebou, díky čemuž dochází k lepšímu opylení a zvýšení výnosu (Carvalho et al., 2011). Ke zvýšení efektivity opylení dochází zřejmě na základě jak přímé interakce (Greenleaf, Kremen, 2006), tak chemických podnětů jednotlivých druhů (Eltz, 2006).

Přínos některých druhů divokých opylovačů, především čmeláků také spočívá ve schopnosti létat (a tedy i opylovat) i za nižší teploty, než je schopna fungovat *A. mellifera* (Vicens, Bosch, 2000).

Dalším faktem je, že květy navštívené divokými opylovači jsou jedinci druhu *A. mellifera* dále nenavštěvovány (Stout, Goulson, 2001). Což může vést k efektivnějšímu opylení, protože *A. mellifera* dále navštěvuje pouze květy neoppylené jinými druhy. Při pokusech na mandlových sadech se díky synergickému efektu opylovačů zvýšil výnos mandlí o 5 % (Brittain et al., 2013), což při tehdejších cenách dělalo téměř 600 amerických dolarů/ha (Brittain et al., 2013). Vzhledem k tomu, že se pokus odehrával v kleci s omezeným počtem druhů, předpokládá se, že v otevřeném sadu s vyšším počtem druhů opylovačů by se výnos mohl ještě o několik procent zvýšit (Brittain et al., 2013).

Dalším faktem je, že dostupnost *A. mellifera* nenaplnuje poptávku a nepočítá se s tím ani do budoucna (Aizen a Harder, 2009). Je tedy jasné, že by v okolí agroekosystémů měla být zachována a chráněna volně žijící společenstva divoce žijících opylovačů (Klein et al., 2012), protože synergické působení kombinace *A. mellifera* a včel jiných rodů (*non-Apis*) představuje udržitelný způsob, jak zlepšit podíl opylených květů (Brittain et al., 2013). Synergický efekt způsobený přítomností divokých opylovačů tedy naznačuje, že zachování biodiverzity v agroekosystémech by mohlo poskytnout významné přínosy a zlepšit udržitelnou produkci u mandlí (*Prunus dulcis*) i dalších rostlin. Nicméně obecnost těchto efektů je ještě třeba zkusit napříč různými systémy plodin (Brittain et al., 2013).

2.1.4 Vliv prostředí na opylovače

2.1.4.1 Změny v kulturní krajině a intenzifikace krajiny

Vztahy mezi intenzitou využívání půdy, druhovým složením a početností opylovačů jsou stále studovány. Z hlediska biodiverzity opylovačů se zdají býti klíčovými polopřírodní stanoviště v blízkosti zemědělských kultur (Kremen et al., 2002), protože poskytují možnost hnízdění, přezimování a získání potravy v doletové vzdálenosti. Ovšem v důsledku změn ve využívání půdy se mění prostorové a časové rozložení těchto zdrojů, čímž jsou komunity opylovačů výrazně ovlivňovány (Westrich, 1996).

Většina stanovišť ve středoevropské krajině se skládá z umělých stanovišť, která mívají obvykle sníženou heterogenitu i biodiverzitu a často jsou intenzivně využívány (Schmidt et al., 2008). Přitom právě ztráta biologické rozmanitosti může mít další negativní dopady na ekosystémové služby zemědělské krajiny v celém regionu. Tato ztráta se projevuje na více trofických úrovních a může vést i k poklesu hustoty dravců, což má dále za následek ztrátu přirozené ochrany proti škůdcům (Kruess and Tschardtke, 1994).

V lokálním měřítku biodiverzita včel závisí na celé řadě abiotických i biotických faktorů, jako je konkurence, predace, nebo nemoci (Kremen et al., 2007). Největší vliv na ztrátu opylovačů měla zřejmě intenzifikace zemědělství, kdy docházelo

k scelování pozemků, zvýšení ploch s ornou půdou, fragmentaci krajiny a zvýšení chemizace (Cane a Tepedino, 2001). To vedlo ke ztrátě polopřirozených stanovišť (Kremen et al., 2002, 2007; Klein et al., 2007). Toto tvrzení potvrzuje i několik výzkumů, které prokázaly korelaci mezi intenzifikací a ztrátou druhové bohatosti opylovačů (Steffan-Dewenter and Tschardtke, 1999; Kremen et al., 2002; Steffan-Dewenter, 2003).

Druhová diverzita opylovačů i nadále soustavě a drasticky klesá v důsledku úbytku přirozeného prostředí, což je dáno intenzivním obhospodařováním (Kennedy et al., 2013). Přesto několik dalších studií prokázalo, že některé včelí druhy mohou být zvýhodněny v antropických oblastech, jako jsou hospodářsky využívaná krajina nebo městské oblasti (Westphal et al., 2003; Winfree et al., 2007). Ghazoul (2005) zpochybnil zobecnění poklesu opylovačů v závislosti na změnách v krajině, kdy argumentoval tím, že některé včely jsou odolné vůči změnám životního prostředí. Bylo zjištěno, že různé druhy mají nápadně odlišné reakce na různé typy stanovišť. Například *Bombus* byl pozitivně ovlivněn v městských oblastech, zatímco *Megabombus* byl pozitivně ovlivněn výhradně polopřirodními stanovišti. Zatímco u výskytu *Thoracobombus* nebyla zjištěna žádná souvislost ohledně krajinného kontextu (Herrmann et al., 2007). Některé druhy divokých opylovačů tedy nejsou prokazatelně ovlivněny přítomností, či absencí polopřirodních stanovišť a některé z nich mohou být dokonce v prostředí intenzivně využívané krajiny zvýhodněny (Ghazoul 2005)

Naproti tomu, včelí druhy, které pozitivně reagují na přítomnost polopřirozených stanovišť, jsou intenzifikací ohroženy nejvíce (Carré et al., 2009). Zemědělská intenzifikace vede především ke ztrátě více zranitelných druhů a tedy i ke snížení biodiverzity včel. Ovšem právě druhová pestrost opylovačů může mít zásadní význam pro stabilizaci opylování plodin i planě rostoucích rostlin (Klein et al., 2002; Fontaine et al., 2006). Nicméně, tyto výsledky neberou v potaz vliv pesticidů, které mohou mít silný negativní vliv na diverzitu opylovačů (Carré et al., 2009). Dalším faktem je, že studie, které kvantifikují vliv krajinných prvků na včelí populace a jejich rozmanitost často neberou v úvahu heterogenitu těchto zemědělsky využívaných a městských stanovišť (Kivinen et al., 2006; Hendrickx et al., 2007).

Heterogenita krajiny a přítomnost různých stanovišť v krajině přitom může mít vliv na množství a rozmanitost včel v kulturách zemědělských plodin (Albrecht et al., 2007) Podpora heterogenity a přítomnost polopřirozených stanovišť v zemědělské krajině by proto mohlo být považováno za nástroj pro ochranu vedoucí k udržení, nebo zvýšení populace ohrožených druhů opylovačů. K efektivnějšímu využití služby opylení je tedy potřeba zvýšení heterogenity krajiny a podpory druhové rozmanitosti (Holzschuh et al., 2007).

Alternativním přístupem by byla ochrana, nebo obnova vybraného stanoviště s cílem zvýšit výskyt konkrétních včelích druhů. Z širšího hlediska může být možné řídit přítomnost vhodných včelích druhů k opylení jednotlivých zemědělských plodin na základě posouzení funkčních potřeb plodiny. Nicméně k tomu jsou potřeba další

studie o vztahu mezi opylovači a plodinami a je zapotřebí zjistit širší souvislosti ohledně jejich schopnosti poskytovat služby opylení (Carré et al., 2009).

Obnova stabilnějších prvků v krajině však nemusí vést ke zvýšení biodiverzity, ale pouze početnosti opylovačů (Bartomeus & Winfree, 2013). Intenzivně obhospodařovaná krajina se vyznačuje změnou diverzity, kdy ubývá specialistů, ale přežívá jen několik méně specializovaných druhů, kteří však mohou být v některých případech v dostačujícím množství, aby poskytli uspokojivou službu opylení. (Bartomeus & Winfree, 2013). Ve skutečnosti totiž ne všechny druhy opylovačů reagují stejným způsobem na změny ve využívání půdy a u některých druhů se dokonce může díky intenzifikaci zemědělství zvýšit četnost (Carré et al., 2009).

Vzhledem k výše zmíněným možnostem reakcí opylovačů na intenzifikaci hospodářské krajiny může v některých případech dojít dokonce k vyrovnání ztrát opylení (Cariveau et al., 2013). A to zejména v případě, kdy jsou přítomni opylovači (hlavní poskytovatelé opylení) přizpůsobení pomíjivému a nerovnoměrnému rozdělení zdrojů (poskytování potravy), které je pro zemědělské systémy typické.

V každém případě se hospodářská krajina, kde se pěstují kvetoucí rostliny (pole, sady i další kultury), jeví jako jeden z klíčových faktorů ovlivňující složení společenstva opylovačů (diverzitu a početnost daných druhů) a je důležité tyto souvislosti brát v úvahu při plánování hospodaření a nastavování zemědělských dotací (Bartomeus et al., 2014).

2.1.4.2 Vliv urbanizace na opylovače

Za další důvod snížení biodiverzity opylovačů je považována urbanizace (González Varo, 2013; Venbergen, 2013). Urbanizace představuje jednu z hlavních příčin poklesu divoce žijících opylovačů (Jones, Leather, 2012) a to zejména díky změně ekologických vlastností krajiny důležitých pro opylovače, jako je přítomnost hnízdišť a zdroje nezávadné potravy (Banaszak Cibicka, 2012; Deguines et al., 2012).

Druhové spektrum a s ním i početnost druhů se vlivem urbanizace mění (Angold, 2006), a ve společenstvu opylovačů obvykle ubývá specialistů a naopak přibývá druhů méně specializovaných (McIntire et al, 2001; Geslin et al., 2013). Nicméně i přes to mohou být městská stanoviště ohledně výskytu opylovačů pozoruhodně bohatá (Owen, 2010).

Hojnost divokých opylovačů může být pozitivně ovlivněna přítomností městských biotopů, díky kterým může být biodiverzita velmi bohatá, městská stanoviště totiž mohou poskytovat včelám vhodné prostředí pro hnízdění. Např. u některých včel, které hnízdí v holé zemi (Baldock et al., 2016).

Biodiverzita divokých opylovačů může být tedy ovlivněna nejen polopřirozenými stanovišti, jako jsou listnaté lesy, remízky a křoviny (Kremen et al., 2002; Steffan-Dewenter et al., 2002), ale také různými prvky městské zástavby, jako jsou

sportoviště a rekreační zařízení (Pouvreau and Loublier, 1995; Shuler et al., 2005). Dalším vhodným útočištěm pro řadu druhů se zdají být extenzivní ovocné sady a zahrady, které jsou kombinací travních a bylinných porostů v podrostu stromů a keřů. Mimo to jsou charakteristické nižší intenzitou, ale vyšší heterogenitou prostředí ve srovnání s většinou okolních antropogenních ploch (Horak et al., 2013).

2.1.5 Zdravotní stav včel

2.1.5.1 Příčiny snižování stavu včel

Jedním z nejvíce znepokojujících fenoménů je masový úhyn včelstev v Evropě a hlavně v USA (Stokstad, 2007). Bylo zkoumáno mnoho faktorů včetně virových onemocnění, které jsou potencionální příčinou zhroucení kolonie (Cox-Foster *et al.*, 2007), houbových onemocnění (Higes *et al.*, 2009) a používání pesticidů (Frazier *et al.*, 2008). Dalšími faktory, které zřejmě vedou ke zhroucení včelstev, jsou parazité (*Varroa destructor*), kontaminovaná voda, léčiva (amitraz, antibiotika), nutriční stres (jednoduchý pyl) a další (Mutinelli and Granato, 2007; Sharpe and Heyden, 2009). Jak prokázal Alaux *et al.*, (2010) některé stresory působí dokonce synergicky jako například *Nosema apis* a některé pesticidy (imidacloprid). Dalším klíčovým faktorem se zdá být kočování a přeprava včelstev, kdy jsou včely i několikrát ročně přepravovány na velké vzdálenosti. Celkový postup přepravy za pastvou z jedné oblasti do druhé, spolu s odpovídajícími změnami životního prostředí, působí na včely nepochybně jako stresový faktor. Neustálé přemístění typické pro kočovné včelařství je pro včely stresující a pravděpodobně vede k potlačení imunitního systému, což může přispívat ke vzniku epidemií různých chorob (Cooper, 2007). Vzhledem k tomu, že při kočovném včelaření je na dané lokality často umístěováno velké množství včelstev, dochází k intenzivnímu růstu denzity včel, což opět zvyšuje riziko šíření onemocnění mezi koloniemi. Dalším stresujícím faktorem může být nedostatek, nebo kontaminace vody na stanovišti (Bacandritsos *et al.*, 2010).

Kočovné včelařství je jedním z podezřelých rizikových faktorů pro onemocnění, která vedla k velkým ztrátám včelstev v USA (Oldroyd, 2007).

Zhroucení včelstev je tedy pravděpodobně zapříčiněno kombinací více činitelů. Z tohoto důvodu, musí být na včelstvech testovány výše zmíněné faktory integrovaně a nikoliv odděleně (Genersch, 2010).

2.1.5.2 GMO

Přechod na geneticky modifikované plodiny s rezistencí vůči herbicidům sice snížil užívání pesticidů, ale externalitou je zánik mnohých kvetoucích rostlin z polních hranic a zavlažovacích příkopů, jakož i z polí samotných. V důsledku tedy došlo ke snížení rozmanitosti a četnosti kvetoucích rostlin (Johnson *et al.*, 2010).

2.1.5.3 Pesticidy a jejich vliv na včely

Znečištění pesticidy v intenzivně obhospodařované krajině představuje nebezpečný fenomén, protože tyto produkty se hromadí ve vegetaci, vodě i půdě a způsobují poškození prospěšných organismů, jako jsou včely (Porrini et al., 2002).

Toxicita pesticidů závisí na způsobu expozice, obecně jsou pro opylovače expozice kontaktem méně toxické, než příjem orální. Nicméně různé studie toxicity poukazují na velkou variabilitu účinků intoxikace (Decourtye a Devillers 2010; Laurino et al. 2011). Pesticidy a jejich rezidua se dají naměřit jak ve sbíraných surovinách (pyl a nektar), tak ve včelích produktech (med, vosk, perga), tak i v tělech samotných včel (Blackuyére et al., 2012). K intoxikaci včel a dalšímu šíření pesticidů může docházet také během procesu předávání si potravy (trophallaxie), kdy dochází k akumulaci pesticidů, což kromě projevu otravy může vést ke snížení příjmu vody z potravy, které v závěru vede ke zhoršení projevů otravy (Nauen et al. 2001).

Zdá se, že toxicita většiny pesticidů je proměnlivá v závislosti na faktorech, jako jsou věk včely, fitness kolonie, nebo poddruh (Suchail et al 2000; Nauen et al 2001). Vliv má také optimální příjem proteinů (dostatečné množství a rozmanitost pylu) (Wehling et al., 2009) a stavu zamoření roztoči i další onemocnění (např. *Nosema ceranae* prokazatelně zvyšuje citlivost včel k neonikotinoidům) (Alaux et al., 2010; Vidau et al 2011).

2.1.6 Pesticidy

2.1.6.1 Chronická otrava pesticidy

Chronická toxicita pesticidů se mezi jednotlivými přípravky velmi liší. Nicméně toxicita jednotlivých pesticidů také závisí na mnoha dalších faktorech (Mommaerts a Smagghe, 2011).

V laboratorní studii byly včely vystaveny působení pesticidů (orálně i kontaktně) během 10-11 dnů. Po tuto dobu se včelám podával acetamiprid a thiamethoxam a to v dávkách až 1 µg na jedince. Nicméně tato expozice nezpůsobila významné zvýšení úmrtnosti včelích dělnic (Aliouane et al., 2009). Ovšem při aplikaci imidaclopridu, laboratorní testy ukázaly, vysokou úmrtnost dělnic po konzumaci kontaminovaného pylu (40µg/kg) (Decourtye et al. 2003) a cukerného roztoku (10 µg/l), (Suchail et al., 2001).

Nicméně tyto výsledky neodpovídají výsledkům z terénu kdy Schmuck et al. (2001) nezaznamenal, žádnou zvýšenou úmrtnost včelích dělnic, když se do včelích úlů dal na 39 dní slunečnicový med kontaminovaný imadiclopridem v rozmezí 2 - 20 µg/kg. Možným vysvětlením pro tento rozpor mezi laboratorními a terénními studiemi mohou být rozdíly v experimentální metodice. V reálu může toxický účinek záviset na počátečním fyziologickém stavu jedince a na délce života (Decourtye a Devillers 2010). Kromě toho, sociální interakce ve včelstvu by měly být brány v úvahu při expozici včel po delší dobu. Chronická toxicita sloučenin na čmeláky

(doba expozice až do 11 týdnů) lze určit pomocí testů na mikro-kolonii (Mommaerts a Smagghe, 2011).

2.1.6.2 Vliv otrav na plod a dynamiku kolonií včel

Vzhledem k dynamice včelí kolonie je pro včelstvo reprodukce naprosto nezbytný proces. Omezení reprodukce, jako je ztráta plodu, jsou pro kolonii většinou více škodlivé, než ztráta létavek (Decourtye a Devillers 2010). V koloniích včel i u čmeláků je dělba práce dynamický proces, kdy dělnice během života provádějí v závislosti na věku různé úkoly (Jandt a Dornhaus 2009). Proto se předpokládá, že létavky nejsou nahrazeny jinými včelami i za předpokladu, že je v úlu dost jiných včel. Několik studií prokázalo, že neonikotinoidy (např. imadocloprid) má na vývoj plodu nepříznivé účinky (Tasei et al. 2000, 2001; Abbott et al. 2008; Gregorc and Ellis 2011). Dále bylo prokázáno zpoždění v líhnutí larev i vývoji dospělých včel, které byly krmeny potravou kontaminovanou imadoclopridem (Decourtye et al., 2005). Stejný efekt byl pozorován i u samotářských včel *O. lignaria* při krmení kontaminovanou potravou imadoclopridem (Abbott et al., 2008). Jinak na potravu kontaminovanou imidoclopridem nereagovali ani čmeláci (*B. terrestris*) (Tasei et al. 2000).

2.1.6.3 Subletální účinky pesticidů na změny v chování

Kromě zkoumání letálních dávek je třeba brát v úvahu také subletální účinky pesticidů na chování opylovačů. Na základě této potřeby byly v minulých letech vyvinuty metodiky a testovány insekticidy a jejich vliv na motorické a smyslové funkce související s potravní schopností včel (Thompson and Maus 2007; Desneux et al. 2007).

Neonikotinoidní insekticidy působí jako neurotoxické látky a intoxikace se projevuje změnou v pohybu včel. Hlavní příznaky jsou nekoordinované pohyby, třes, hyperaktivita a padání (Lambin et al. 2001; Nauen et al. 2001; Suchail et al. 2001; Colin et al. 2004). Tyto příznaky jsou snadno pozorovatelné při vystavení včel vysokým dávkám pesticidů, zatímco vliv nižších dávek může být jen obtížně postřehnutelný. El Hassani et al. (2005) proto vyvinul laboratorní test, kdy jsou intoxikované včely umístěny do průhledné plastové krabice, která je osvětlena, umožňuje tak zaznamenávat vertikální přemístování včel. Bylo pozorováno, že i při intoxikaci včel stejným pesticidem, ale rozdílnou dávkou je u včel viditelné rozličné chování, kdy nižší dávky působily hyperaktivitu, zatímco vyšší naopak významný útlum (Lambin a spol., 2001).

Dalším projevem subletální otravy neonikotinoidy je reflex rozšíření sosáku (PER) po přijetí sacharózy a vody (El Hassani et al. 2008; Aliouane et al. 2009). Účinky se projevují v závislosti na cestě kontaminace, dávce a délce expozice (El Hassani et al. 2008; Aliouane et al. 2009). Navíc různé studie prokázaly u včel změny v učení se rozpoznávat nové pachy po konzumaci neonikotinoidů. Schopnost učit se pachy byla znatelně snížena (Decourtye et al. 2003; El Hassani et al. 2008; Aliouane et al. 2009). Při dalším testování se zjistilo, jak neonikotinoidy zasahují do procesů paměti.

Zatímco dávky neonikotinoidů podané orálně v blízkosti se letální dávce vyvolávají dlouhodobé poruchy paměti, menší dávky (odpovídá 1/5 LD50) nezpůsobují dlouhodobé účinky, návrat do normálu nastává už po 48 hodinách (El Hassani et al. 2008; Aliouane et al. 2009). Decourtye et al. (2004) prokázali, že tyto účinky mohou být výsledkem zvýšení aktivity cytochromoxidázy.

Účinky otravy neonikotinoidy se různí podle věku testovaných včel a tudíž i na vykonávané činnosti včelami o různém věku (Guez et al. 2003). Decourtye and Devillers (2010) prokázaly, že po požití neonikotinoidů trpí dělnice včely medonosné poruchami orientace, kdy mají problémy najít potravu. Bortolotti et al. (2003) si všiml, že označené včely, intoxikované imadiclopridem se v dalších 24 hodinách nezajímaly o krmení (nepracovaly). Při dalších výzkumech se zjistilo, že již i při velmi malých dávkách imadoklopridu (10ng na včelu) dochází u létavek k dezorientaci, která se projevuje časovou prodlevou mezi přiletem z úlu k potravě a zpět (Ramirez-Romero et al., 2005; Yang a kol., 2008).

Předpokládá se tedy, že vystavení včel pesticidům může ovlivnit chování a orientaci včel (Vandame et al., 1995; Bortolotti et al. 2003; Yang et al. 2008). Tyto účinky mají na včely především pesticidy na bázi imidoklopridu (Colin et al. 2001; Decourtye et al. 2003). Podobné subletální účinky na schopnost učení byly nalezeny po vystavení fipronilu (Desneux et al. 2007). Další poruchy chování byly pozorovány po podání karbamátových insekticidů, kdy včely nezvládali předávat informace při takzvaném komunikačním tanci (Thompson et al., 2003) Také pyretroidní insekticidy, jako deltamethrin způsobovaly včelám při subletálních dávkách problémy při letu (Vandame et al., 1995; Ramirez-Romero et al., 2005).

Vzhledem k významu čmeláků pro opylení je důležité brát v úvahu i rizika spojená s aplikací subletálních dávek pesticidů (Van der Steen 2001). Nicméně vzhledem k zřetelným rozdílům v chování *A. mellifera* a čmeláků je jasné, že metody používané pro posouzení subletálních dávek u včel nejsou vhodné použít u čmeláků. Proto bylo v minulosti vyvinuto několik metod s cílem vyhodnocení dopadu na čmeláky (Tasei 2002). Pomocí testů bylo zjištěno, že subletální dávky neonikotinoidů jako jsou thiamethoxam thiacloprid a imidacloprid mají silný negativní dopad na životaschopnost dělnic a reprodukční schopnosti trubců. Což může vést k úplné neschopnosti reprodukce v celé kolonii čmeláků. A to již při dávkách 0,5 ppm thiamethoxamu. Nicméně k negativnímu ovlivnění schopnosti reprodukce i životaschopnosti kolonie dochází i při mnohem menších dávkách (Mommaerts et al., 2010).

Koncentrace pesticidů (především neonikotinoidů) které mohou být považovány za bezpečné pro čmeláky v klasických testech toxicity, mohou mít negativní vliv na chování čmeláků při krmení a sběru, což vede ke ztrátě jedinců a následně k narušení schopnosti reprodukce u celé kolonie (Mommaerts et al., 2010). Subletální dávky pesticidů tedy krom fyziologických problémů vedou i ke ztrátě efektivnosti opylení jedinci z postižených kolonií (Mommaerts et al., 2010).

Nicméně v porovnání s polními studii se výsledky výzkumů velmi různí. Například Cutler a Scott-Dupree (2007) nepozorovali žádné vedlejší účinky na včelách pasoucích se na květech řepky olejky (*B. napus*) ošetřené Klothianidinem. Stejný závěr byl vypracován pro imidacloprid (Schmuck et al 2001; Faucon et al 2005; Nguyen et al 2009). Nicméně po intoxikaci z pastvy thiaklopridem byla snížena schopnost krmení až po 48 hodin (Schmuck et al. 2003). Stejně tak nebyl žádný negativní vliv pozorován u čmeláků zemních (*B. terrestris*) sbírajících imidacloprid a thiametoxam spolu s nektarem a pylem z ošetřených rostlin (Tasei et al 2001), také nebyly detekovány žádné vedlejší účinky u *B. impatiens* vystavených pastvě ošetřené imidaclopridem (Alarcón et al. 2005). Z těchto pozorování je jasné, že existuje rozdíl mezi poli a laboratorních testů pro subletálních účinků.

Decourtye and Devillers (2010) doložili, že včely reagovali na změnu chování způsobenou příjmem potravy s pesticidy, následným odmítáním přijmout kontaminovanou potravu, což vedlo k výraznému snížení potravní činnosti. Takové ochranné chování včel spočívající ve vyhýbání se kontaminované potravě může snížit riziko vystavení se pesticidům a s nimi spojenými následky (Maus et al. 2003). Nicméně toto chování na druhé straně přispívá k poklesu v obecné kondici včelstva až o 20%, v závislosti na množství přinesené potravy a rozvoji kolonie (Cresswell 2011).

2.1.6.4 Otravy včel z mořených semen

V poslední době bylo prokázáno, že včely přichází do kontaktu s pesticidy také prostřednictvím mořených semen skrze gutaci tekutin z rostlin. Kdy po pozření rosy z listů insekticidy ošetřených rostlin nebyla pozorována žádná úmrtnost krmících se včel, oproti tomu byla vysoká úmrtnost pozorována u včel, které přicházeli do kontaktu s tekutinou, jejímž zdrojem byla gutace (Girolami et al., 2009). Také včely vystavené prachu pocházejícímu z mořených semen (ze sázecích strojů) vykazovaly vysokou úmrtnost (Marzaro et al. 2011). Nicméně vysoká úmrtnost včel byla pozorována pouze za vyšší vzdušné vlhkosti (Girolami et al. 2011).

2.1.6.5 Neonikotinoidy

Neonikotinoidy jsou důležitou skupinou insekticidů účinné při tlumení ekonomicky důležitých škůdců, jako jsou mšice, molice a další. O širokém uplatnění těchto insekticidů vypovídá celosvětový roční obrat ve výši 1 miliardy \$ (Aliouane et al., 2009). Neonikotinoidy působí jako neurotoxiny na nervový systém hmyzu. Tyto pesticidy jsou systémové, takže jsou importovány do cévního systému rostlin, čímž zajišťují trvalou ochranu proti škůdcům (Elbert et al., 1991). Nicméně užití těchto přípravků potenciálně vede k vystavení včel a dalších opylovačů reziduí v nektaru a pylu (Waller et al. 1984, Schmuck et al. 2001). Obecně platí, že i v intenzivně využívaných oblastech nebývá překročen povolený limit reziduí neonikotinoidů v nektaru plodin. Nicméně rezidua jsou přítomna ve většině kontrolovaných vzorcích především z Francie, Německa a Severní Ameriky. Průměr reziduí v nektaru z těchto regionů se pohybuje okolo (2 µg/ kg) a v pylu (3 µg/ kg). I přes to zde není dostatek

spolehlivých dat, a je možné předpokládat, že i v takto malých dávkách mohou mít insekticidy vliv na zdraví a fitness včelstva při trvalé expozici.

Kromě toho se míra používání insekticidů zvyšuje a to zejména kvůli intenzifikaci. Dalším důvodem zvyšování dávek je objevující se rezistence škůdců. Což pravděpodobně v budoucnosti povede k akumulaci neonikotinoidů v prostředí. V laboratorních podmínkách bylo popsáno mnoho letálních a subletálních účinků neonikotinoidních insekticidů na včely. Nicméně zatím nebyl proveden dostatek studií poskytující fakta o účincích insekticidů na včely v terénních podmínkách při polních pokusech. Takže stále chybí dostatek dat z terénu o vlivu pesticidů na zimování a jarní rozvoj včelstev (Blackuyére, 2012).

Iwasa et al. (2004) zjistili, že určité kombinace pesticidů mohou fungovat synergicky a zvyšovat tak toxicitu pro opylovače, což platí především pro neonikotinoidy obsahující kyanoskupinu. Například insekticid piperonylbutoxid v kombinaci s fungicidy triflumizol a propikonazol zvýšil akutní toxicity i více než šestinásobně. U insekticidů, jako je imadicloprid téměř dvojnásobně. Toxicita acetamipridu se při přidání fungicidů triadimefonu, epoxiconazolu a uniconazol-P zvýší dle různých poměrů kombinací 6-84 krát (Iwasa et al., 2004). Kromě včel byl synergický efekt na toxicitu pesticidů pozorován také u vodních organismů, jako jsou garnáty, krevety a perloočka (Key et al. 2007), dále na půdních organismech, jako jsou žížaly, háďátka a hlístice (Gomez-Eyles et al. 2009). Nicméně mechanismy synergického působení pesticidů nejsou ještě zcela jasny. Je ovšem na nejvyšší pravděpodobné, že vystavení včel pesticidům má nezanedbatelný vliv vzhledem k přítomnosti velkých počtů různých pesticidů ve včelích produktech jako je pyl, med a včelího vosk (Mullin et al. 2010; Genersch et al. 2010; Bernal et al. 2010). Z tohoto důvodu by mělo testování pesticidních sloučenin zahrnovat také shromažďování více informací o možných synergických účincích směsí obsahujících neonikotinoidy, což se je v současné době neděje.

Po mnohočetných srovnáních bylo zjištěno, že neonikotinoidy obsahující nitro skupinu (imidacloprid, klothianidin, thiamethoxam, nitenpyram a dinotefuran) jsou pro včelu medonosnou (*A. mellifera*) toxicitější než ty, které obsahují kyanoskupinu (acetamiprid a thiacloprid) (Laurino et al 2011). Ke stejnému závěru se došlo také u čmeláků (*Bombus Terrestris*) (Mommaerts et al., 2010). Ještě horší dopad mají neonikotinoidy na samotářské včely, jako jsou *Osmia lignaria* a *M. rotundata* (Scott-Dupree et al., 2009). (Nižší toxicita kyano-skupiny neonikotinoidů lze přičíst jejich rychlé biotransformaci (Suchail et al. 2004; Brunet et al. 2005). Dále bylo prokázáno, že také metabolity neonikotinoidů se podílí na toxicitě, kdy jsou opět nejnebezpečnější metabolity neonikotinoidů s nitro skupinou (Nauen et al 2001; Decourtye et al. 2003).

V posledních letech byly neonikotinoidy zařazeny mezi potenciálně vysoce rizikové látky pro včely. Je prokázáno, že působí neurotoxicky. Dávají se též do souvislosti se syndromem CCD (syndrom zhroucení včelstev) (Blackuyére, 2012) Nicméně toto

tvrzení vyvracejí dvě studie, které byly provedeny v této souvislosti. Faucon et al. (2005) prokázal, že chronická expozice imidoclopridu v letním období nemá prokazatelný vliv na přezimování včelstev. Také při posuzování vlivu jarního rozvoje včelstev (plodování, četnost dělnic a zdravotní stav včelstva), která se pásala na porostu řepky (vzešlé ze semen mořených nejvyšší povolenou dávkou clothianidinu (0.4 mg/kg osiva) nebyl pozorován žádný vliv (Cutler and Scott-Dupree 2007). Oproti tomu nedávno publikovaná práce italských autorů demonstruje, že neonikotinoidy narušují imunitní systém včel, jenž se tak stává vnímavější pro virové infekce, vůči kterým jsou za normálních okolností včely odolné (Di Prisco, 2013). Pro zlepšení situace opylovačů je tedy potřeba zavedení novějších a bezpečnějších insekticidů, nebo alespoň vyřazení těch nejtoxičtějších (např. nahrazení nitro-skupiny, kyano-skupinou u neonikotinoidů. Údaje z výzkumů jsou často rozptýleny a / nebo nejsou veřejně přístupné. Proto je nutná lepší komunikace mezi komerční sférou, akademickou obcí a vládami (Blackuyére, 2012).

2.1.7 Posuzování rizik pro systémovou aplikaci pesticidů

S ohledem na bezpečné strategie ochrany plodin jsou dnes všechny pesticidy postoupeny posouzení rizik pro životní prostředí. Během posledních desetiletí je věnována pozornost hlavně negativním vlivům pesticidů na opylovače. V Evropě jsou pesticidy testovány EPPO (Evropská a středozemní rostlinolékařská organizace), která má za úkol vyloučit přípravky způsobující možnou újmu na včele medonosné (EPPO, 2001). Většina studií ovšem vychází především z čísel a statistik založených na úmrtnosti včel (Suchail et al. 2000), a nevěnují dostatečnou pozornost účinkům subletálním, které včely mohou být škodlivé a negativně ovlivnit populaci včel i ostatních opylovačů. Thompson (2003) a Desneux et al. (2007) uvádí, že subletální účinky je nutno vzít v úvahu při posuzování vlivu pesticidů na opylovače. V dnešní době je více laboratorních studií zaměřeno na vliv pesticidů a biochemii včel (Armengaud et al., 2000). I přes to zůstává interpretace negativních vlivů na neurofiziologii kapacit obtížným úkolem a účinky pro hmyz, nebo celé kolonie jsou neznámé (Decourtye et al. 2003). Nicméně četné studie ukázaly, že i požití malého množství pesticidů může mít subletální účinky (Colin et al 2001)

V první řadě se u nových sloučenin hodnotí riziko, expozice opylovačům (Alix et al. 2009; Thompson 2010). V případě kdy jsou včely přitahovány k ošetřené (zpravidla kvetoucí) plodině roste pravděpodobnost, že se sloučenina dostane do sbíraného pylu a nektaru. V tomto případě je další posuzování rizik nezbytné. Akutní toxicita se testuje na dospělých i na plodu a to v dávkách relevantních k množství pesticidů v životním prostředí. Vzhledem k tomu, že se včelí larvy vyvíjejí i v plástvích, v kterých byla uchovávána kontaminovaná potrava, je nezbytné měřit kontaminaci pesticidů také ve vosku. Kontaminovaná plástev totiž může mít na plod nepříznivý vliv jako je opožděný vývoj (Wu et al, 2001).

Decourtye and Devillers (2010) prokázali, že jedna dávka intoxikovaného nektaru může díky tromphalaxii otrávit mnoho včel. V pokusu kdy byl včelám podáván

imidacloprid, nebyl ve výsledku patrný rozdíl mezi krmením včeljednotlivě, nebo jednou dávkou kterou si dvě včely předávaly. Otázkou ovšem zůstává míra ředění koncentrace pesticidů po vícenásobném předání.

Vzhledem k náročnosti fungování a řízenému chování ve včelstvu je nezbytné provádět také testy a vliv dávek subletálních. U stanovení vlivu subletálních dávek na včely je nutno metody standardizovat s ohledem na stáří pozorovaných včel, velikost kolonie a odpovídající expozici (Blacquiére et al., 2012). Při stanovení dávek pesticidů přijatých z potravy se musí brát v úvahu rozdíl mezi dospělou včelou a larválními stádii včel, protože obsah pesticidů a jejich reziduí je v pylu a nektaru zpravidla rozlišný. Dospělé včely spotřebují více nektaru než pylu, zatímco larvální stadia spotřebují více pylu než nektaru. Z tohoto důvodu je také důležité znát, co včely na dané plodině sbírají, nektar, pyl nebo obojí (Rortais et al., 2005).

Halm et al. (2006) rovněž potvrdily potřebu lepší standardizace včelích kategorií v posuzování rizik, neboť jsou zpravidla vyšší expozici vystavovány přezimující včely, včely sbírající nektar a včely pečující o larvy, více než trubčí i dělníci larvy, mladušky a včely starajících se o pyl. Hodnocení rizik by se tedy mělo provádět na úrovni kolonie a brát v úvahu i sociální interakce v kolonii. Dále jsou pro posouzení nutné také polní studie, protože výsledky z pokusů v laboratorních podmínkách neposkytují dobrý odhad skutečného účinku na včely v reálných podmínkách (Blacquiére et al., 2012).

Studie posouzení rizik by měla pokrývat všechny možné cesty expozice a zahrnout i méně známé cesty, jako je intoxikace neonicotinoidy pocházejícími z prachu ze sázecího zařízení, které může mít za následek vysoké úmrtnosti včel, a to zejména při vysoké vlhkosti vzduchu (Girolami et al. 2011; Marzaro et al. 2011). Dále, k expozici může dojít také prostřednictvím požití kontaminované tekutiny pocházející z gutace. Ačkoli tato cesta expozice je považována za důležitou, tak dosud nebylo v této věci provedeno dost výzkumů. Thompson (2010) uvádí, že gutační kapalina se vyskytuje v porostu brzy z rána. Ačkoliv není vždy jasné, jestli jsou v této době včely a ostatní opylovači aktivní a tudíž nelze přesně stanovit pravděpodobnost, že přijdou do kontaktu s kontaminovanou gutační kapalinou. Dále také není jasné, zda zbytky gutační kapaliny, které zůstávají na listech i po zaschnutí mohou být i nadále zdrojem kontaminace. Tapparo et al. (2011) také uvádějí, že koncentrace imidaklopridu v gutační tekutině vykazují jasnou korelaci s dávkami aplikovanými na semena. Proto je vhodné zahrnout tuto cestu expozice do systému posuzování rizik pro neonicotinoidy.

Závěrem lze říci, že při posuzování rizik vedlejších účinků na opylovače zůstává použití polních pokusů konečným krokem, protože pole je komplexní prostředí, ve kterém může být toxicita pesticidů ovlivňována různými faktory (Blacquiére et al., 2012).

Co se týče změn v sociálních interakcích, je třeba podotknout, že hodnocení vlivů chronické toxicity jsou nutné provádět také u čmeláků. Vedlejší účinky v sociálních

interakcích na úrovni kolonie lze hodnotit pomocí takzvaných miko-kolonií (Mommaerts et al. 2010; Besard et al. 2011).

2.1.7.1 Mikrokolonie (Dle Besard et al. 2011; Mommaerts, 2010)

Ve skutečnosti, standardizovaný test s mikro-koloniemi umožňuje vyhodnocení letálních a subletálních účinků neonicotinoidů na reprodukci a chování kolonie.

Mikro-kolonie (čmeláci) jsou vyrobeny z hnízda 3-5 novorozených dělnic (stejného věku). Po 1 týdnu se jedna z dělnic stává dominantní, a převezme roli královny.

Tak se spustí proces, kdy pseudokrálovna kladeneoplovněná vajíčka, z kterých se vyvíjejí pouze samci, zatímco ostatní dělnice se starají o potomstvo a shánění potravy, která se skládá z cukrové vody a pylu.

Následně může být testován dopad neonicotinoidů prostřednictvím různých cest expozice (kontaktem, nebo perorálně) po dobu 7 týdnů.

Mezi dalšími výhodami této metody jsou nízká cena, snadnost použití, možnost pracovat se standardizovanými protokoly a s více opakováními. Což má za následek dostatečné množství dat majících postačující statistickou vypovídací schopnost získat reprodukovatelné údaje.

Experimentální uspořádání umožňuje také hodnocení sociálních interakcí. Letální účinky jsou hodnoceny bodováním počtu mrtvých jedinců ve hnízdě, zatímco dochází k vyhodnocování subletálních účinků, které jsou vyhodnocovány na základě přítomnosti a množství pesticidů v medu, počtu mrtvých larev a počtu vylíhnutých dospělců za hnízdo.

Při použití takovýchto mikro-kolonií ve skleníkovém testu byly výsledky stejné jako ty získané při používání kolonií s matkou (Mommaerts et al., 2010).

2.1.8 Včela medonosná jako bioindikátor

Bioindikátory se používají ke zjištění a interpretaci dat získaných v komplexních podmínkách stanoviště. Poskytují informace získané v interakci se spoustou dalších faktorů. Informace, které bioindikátor poskytuje, jsou často těžko jinak měřitelné (Celli, 1983). Nejdůležitější je, že bioindikátory na rozdíl od jiných metod monitorujících životní prostředí zachycují a vstřebávají pouze část polutantů, které jsou pro organismy z prostředí dostupné (Schmidt di Friedberg, 1986).

Průměrný rádius letu včel je asi 1,5km, ale celková plocha doletu za potravou je okolo 7km². Včely se tedy dají používat jako velice citlivý indikátor vůči nejvíce a nejintenzivněji používaným pesticidům, jak v městských, tak v zemědělských ekosystémech (Crane, 1984)

Krom přítomnosti pesticidů se také pomocí včel dají měřit hodnoty dioxinů v agroekosystému. Ty jsou vzhledem ke své lipofilní povaze dobře stanovitelné ze včelího vosku (Porrini et al., 2014).

V zemědělských oblastech je včela medonosná (*A. mellifera*) používána běžně jako bioindikátor biodiverzity. Dále se zjišťuje chemické znečištění prostředí prostřednictvím chemických analýz včel, což má velkou vypovídající schopnost o stavu prostředí. To dělá ze včel obecně přijímaný bioindikátor. (Balayiannis and Balayiannis, 2008). Včely, jako bioindikátor se tedy používá k ověření a interpretaci komplexního stavu krajiny (Schmidt di Friedberg, 1986). Hlavní výhodou použití včel jako bioindikátoru je jejich všudypřítomnost a relativně snadný chov. Přichází přímo do kontaktu s látkami přítomnými v životním prostředí (aplikovanými do agroekosystémů), které přijímá spolu s potravou. Každý úl má tisíce krmících se včel, které se pravidelně obměňují, což může být považováno za tisíce detektorů (Porrini et al., 2014).

Krom intenzivně využívaných zemědělských oblastí se včela medonosná používá jako bioindikátor i v některých velkoměstech a okolí dálnic, kde se předpokládá znečištění ŽP těžkými kovy a dalšími polutanty. Používají se i v dalších provozech, kde hrozí kontaminace prostředí, např. středisko atomového výzkumu v Los Alamos. V okolí jsou rozmístěna včelstva, z kterých se pravidelně odebírají vzorky pylu, medu a těl včel z kterých se dělají rozborů obsahu těžkých kovů a radioaktivity (Přidal, 2003).

Včely, jako bioindikátor jsou tedy účinnou a levnou alternativou k posuzování vlivu člověka na ekosystém (Porrini et al., 2014).

2.1.9 Včela medonosná jako vektor bioagens

Vzhledem k tomu, že včela medonosná navštíví za den nespočet květů, které opyluje je její povrch těla hustě ochlupen. Tento pylosběrný aparát umožňuje krom přenosu pylu také rozšíření a tedy i manifestaci biologických přípravků na ochranu rostlin, jde výhradně o užitečné bakterie a houby. Za vhodných okolností se tedy včela stává živým aplikátorem těchto užitečných mikroorganismů a to přesně na místo jejich působení, tedy na květ. Tato metoda se uplatňuje například při pěstování jahod, kdy včely roznášejí houbu *Gliocladium roseum* redukcí plíseň šedivou. U takto ošetřených porostů jahod je napadení plísní šedivou (*B. cinerea*) pětikrát až desetkrát menší (Přidal, 2003)

2.1.10 Aktuální stav opylovačů

Se stále rostoucí populací lidí roste i tlak na zemědělskou produkci (Foley, 2011). Panuje obava jak uspokojit rostoucí poptávku po potravinách a zároveň chránit ekosystémy a biodiverzitu (Brussaard et al., 2010; Perfecto, Vandermeer, 2010). Do budoucna se tedy budou muset zvýšit výnosy a to buď intenzifikací zemědělství, rozšířením zemědělsky obhospodařovaných ploch, nebo kombinacím obojího (Phalan et al., 2011). S ohledem na negativní dopad, který má zemědělství na biodiverzitu (Stoate, 2001) je nutné, aby kroky ke zvýšení produkce byli v souladu

s trvale udržitelným rozvojem (Beddington, 2010). Jedním z faktorů jak navýšit produkci plodin je poskytnout pěstovaným kulturám optimální opylení a tím maximalizovat kvalitu i kvantitu výnosu. Význam opylovačů pro zemědělskou produkci potvrzuje fakt, že se za posledních 50 let se podíl zemědělských kultur vyžadující opylení ztrojnásobil (Aizen, Harder, 2009).

Potřebu opylovačů v zemědělství dále také potvrzuje nepřetržitý přísun opylovačů, především včely medonosné (*A. mellifera*) a čmeláka zemního (*Bombus terrestris*) k zemědělským kulturám za účelem opylení (Velthuis and van Doorn, 2006; Stokstad, 2007). I přes to je v současnosti hlášen pokles početnosti kolonií včely medonosné (*A. mellifera*) z různých regionů (Biesmeijer *et al.*, 2006). Krom úbytku včely medonosné je hlášen pokles početnosti i diverzity pro všechny klíčové skupiny opylovačů z říše hmyzu, ubývá čmeláků, solitérních včel i pestřenek (Goluson *et al.*, 2008; Barthomeus *et al.*, 2013). Tento úbytek opylovačů vede ke snížení stability opylovací služby (Chapin *et al.*, 2000; Loreau *et al.*, 2001).

Předpokládá se, že krize opylovačů má a bude mít rozsáhlý dopad nejen na zemědělství a s ním související ekonomiku (Gallai *et al.*, 2009), ale také na druhovou diverzitu rostlin a na ně vázaných organismů (Biesmeijer *et al.*, 2006) i celkový ráz krajiny (Ricketts *et al.*, 2008). Je tedy zřejmé, že současný stav opylovačů (diverzita i denzita) není dostačující k dosažení dobré kvality i kvantity výnosu u mnohých plodin. Jak se předpokládalo dříve, je jasné že zemědělská intenzifikace má drastický dopad na druhovou bohatost opylovačů (Ricketts *et al.*, 2008; Garibaldi *et al.*, 2011). Je důležité uspokojit poptávku po opylování, tak aby byly kvalita i výnosy zemědělských plodin maximalizovány (Breeze *et al.*, 2011).

3 Materiál a metodika

3.1 Lokality

Výzkum probíhal na dvou lokalitách. První lokalita v Malontech je ekologicky hospodařící podnik. Druhá lokalita zahrnovala intenzivně obhospodařované řepkové pole u Zborova. Na obou lokalitách byla měřena diverzita včel pomocí Moerickeho pastí, dále byla provedena chemická analýza těl včel odchycených u česen úlů v těsné blízkosti lokalit. Dále bylo popsáno polní hospodaření i charakteristika lokalit a pomocí LPIS zmapován rádius 1km od sledovaných lokalit, který by měl pokrýt dolet včel samotárek.

3.2 Metodika měření

3.2.1 Měření diverzity

Metodika měření diverzity včel byla založena na odchytu do Moerickeho pastí (žluté plastové nádoby mající půdorys obdélníku). Princip pastí spočívá v atraktivitě žluté barvy pro včely, které po usednutí na hladinu utonou. K funkčnosti pastí je tedy nezbytné aby obsahovaly solný roztok s detergentem. Sůl je přidávána kvůli konzervaci, detergent za účelem změny povrchového napětí díky čemuž je zamezeno vylezení včel z misek.

Nicméně tato metoda sběru vyžaduje pravidelnou údržbu, zahrnující nejen sběr hmyzu z pastí, ale také kontrolu hladiny. Při extrémním počasí, jako jsou intenzivní deště, nebo naopak tropické dny je aktivita včel minimální. Navíc může docházet k vysychání pastí, nebo naopak k jejich vyplavení. Dalším rizikem této metody je možnost zničení pastí zvěří, nebo člověkem.

Pastí byly instalovány 24. března a každých 14 dní vybírány. Vzhledem k nutnosti zapojení pastí do porostu byly pastí instalovány ve výšce květů porostu, kde se pohybuje nejvíce opylovačů. Během růstu rostlin musely být pastí posouvány do stejné výšky, jako měl porost. Krom výběru hmyzu docházelo také k údržbě pastí, která zahrnovala optimalizaci hladiny roztoku v pastích a úpravu výšky pastí. Monitoring pastí trval do 30. červa, kdy bylo jisté, že už odkvetl všechn kulturní porost. Sbírané druhy byly následně osušeny, vypreparovány a umístěny do entomologických kolekcí, které byly dále předány k určení.

3.2.2 Analýza pesticidů a jejich reziduí

Analýzy provedl Státní výzkumný ústav Praha. Použité metody: SOP 10.58 (GC-ECD) a SOP 70.101 (HPLC-MS/MS). Pomocí těchto metod byla detekována přítomnost a množství pesticidů a jejich reziduí.

SOP 10.58 (GC-ECD)

Metoda plynové chromatografie s elektronovým záchytem slouží především k detekci environmentálních hrozeb, jako jsou PCB, pesticidy a další organické

halogenderiváty. Umožňuje analyzovat tyto látky i v nízkých koncentracích (ppm a ppb). Plynová chromatografie (GC) využívající detektor s elektronovým záchytem (ECD) je velmi citlivou metodou, vhodnou pro analýzy pesticidů.

SOP 70.101 (HPLC-MS/MS)

Metoda kapalinová chromatografie s tandemovou hmotnostní detekcí je analytickou technologií, která kombinuje fyzické schopnosti separační kapalinové chromatografie (HPLC), s možností masových analýzy hmotnostní spektrometrie (MS). Zatímco kapalinová chromatografie odděluje směsi s více složkami, hmotnostní spektrometrie poskytuje strukturní identitu jednotlivých složek s vysokou molekulovou specifičností a citlivostí detekce. Díky čemuž se řadí mezi nejcitlivější separační metody určené ke kvantitativní analýze. Tato technika bývá používána pro analýzu biochemických, organických a anorganických sloučenin vyskytujících se v komplexních vzorcích životního prostředí biologického původu. Z tohoto důvodu je tato metoda vhodná k monitorování životního prostředí, zpracování potravin a detekci agrochemikálií.

3.3 Monitoring land use a krajinných prvků

Za účelem zjištění vhodných míst pro hnízdění čmeláků a samotářských včel byly zmapovány přírodní biotopy a polopřírodní stanoviště a to v okruhu 1km od stanoviště, což by mělo pokrýt akční rádius doletu samotářských včel. Jako podklady pro zpracování posloužil LPIS, mapy jsou zpracovány v ArcMap (GIS) v souřadnicové soustavě S-JTSK Krovak East North. V mapách je vyznačen land use a zvýrazněny ekologicky významné krajinné prvky, jakožto potenciálně nejvhodnější hnízdiště většiny druhů opylovačů.

4 Výsledky

4.1 Popis a zmapování lokalit

Zborov

Tato lokalita je obhospodařována konvenčními zemědělci. Krajinná matrice je tvořena převážně ornou půdou, tedy intenzivně obhospodařovanými plochami, na kterých se pěstuje nejvíce řepka, pšenice a kukuřice. Nicméně v těsné blízkosti sledované lokality se nacházejí i extenzivněji využívané plochy a to hlavně pravidelně sečení travní porosty a hospodářské lesy. Dále je v krajině také několik dalších ekologicky významných ploch (meze, remízky, vodní plochy, stromořadí a další). Krom toho je v doletové blízkosti také intervalán.

Sledované pole má rozlohu 1,83ha, sklonitost 2° a průměrnou nadmořskou výšku 520metrů nad mořem. Pole je z východu i ze západu obklopeno travními porosty a ze severu i jihu vzrostlými stromy. V posledních letech se na území pěstovala téměř jen řepka, kukuřice a pšenice. Na lokalitě byly rozmístěny 4 pasti viz. obr. č. 1, kde žluté ohraničení znázorňuje monitorované řepkové pole a žluté tečky rozmístění pastí.

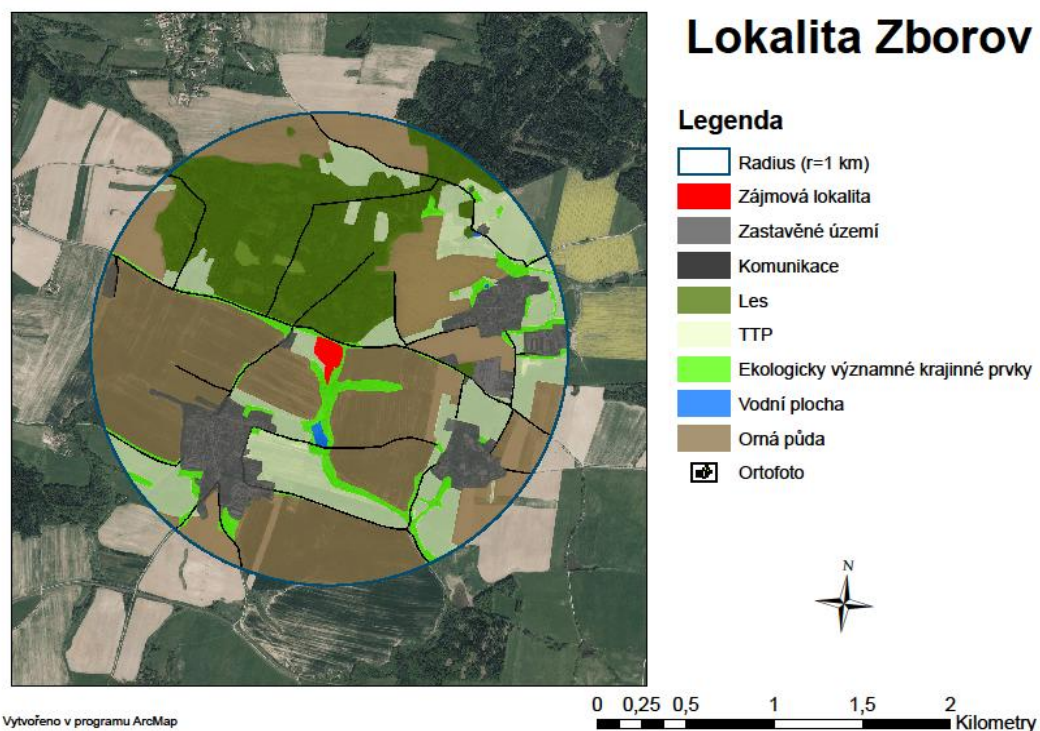
Obr. č. 1 Zborov – sledovaná lokalita a rozmístění pastí



Okolí lokality bylo zmapováno především kvůli zjištění přítomnosti vhodných stanovišť pro hnízdění a zdrojů potravy samotářských včel a čmeláků. Vzhledem k doletové vzdálenosti samotářských včel a náročnosti mapování byl měřen rádius 1km. Z obr. č. 2 je jasně patrné, že v krajině převládají pole, která jsou konvenčně obhospodařována, což má jistě nezanedbatelný vliv na složení populace opylovačů,

nicméně vzhledem ke krajinnému rázu stanoviště a přítomnosti četných ekologicky stabilních prvků v krajině by se dalo předpokládat, že se v blízkosti lokality budou vyskytovat hnízdiště čmeláků i včel samotárek. Pozorovaná lokalita je také v blízkosti a tedy i doletové vzdálenosti chovaných včel, které řepku během květu hojně navštěvují

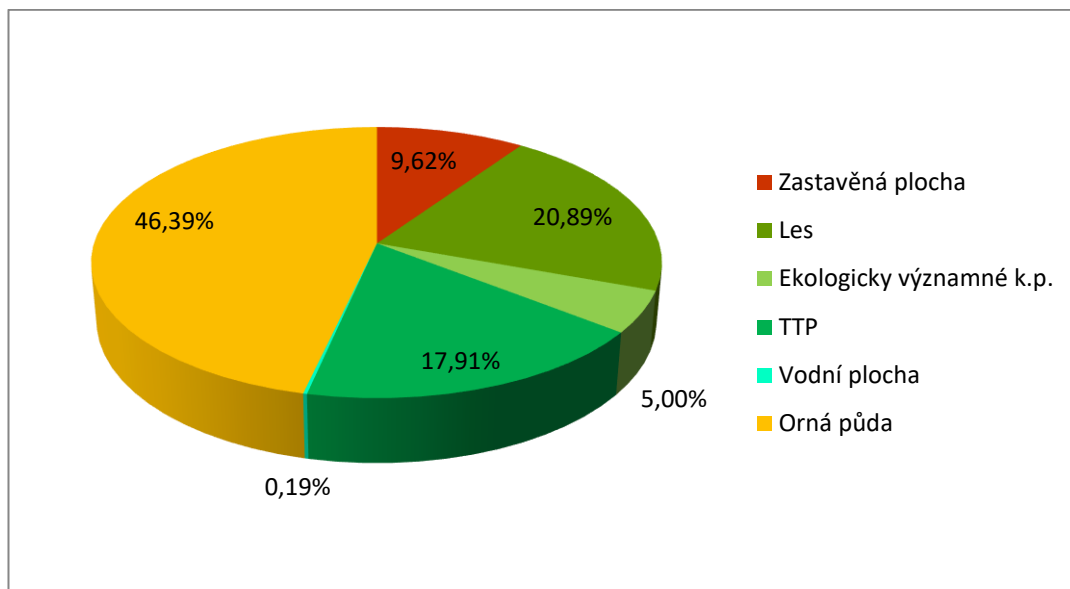
Obr. č. 2. Mapa: Okolí lokality Zborov



Tab.č.1 Procentuální zastoupení využití pozemků v rádiu 1km v lokalitě Zborov

Druh pozemku	Plocha [%]
Zastavěná plocha	9,6
Les	20,9
Ekologicky významné krajinné prvky	5,0
TTP	17,9
Vodní plocha a litorál	0,2
Orná půda	46,4

Obr. č. 3. Grafické znázornění procentuálního zastoupení využití půdy v lokalitě Zborov



Malonty

Tato lokalita je hojně využívána ekologicky hospodařícím družstvem, které až na několik výjimek obhospodařují celé široké okolí v ekologickém režimu. Krajinná matrice je tvořena převážně Trvalými travními porosty, které jsou též výhradně v ekologickém režimu hospodaření. Krom TTP je na lokalitě velké množství ekologicky významných krajinných prvků a významný podíl lesa. Nicméně, samotné pasti jsou umístěny v květnatých pásích rozdělující pole, ta jsou ovšem také v ekologickém režimu. V lokalitě nechybí ani vodní plochy a nezanedbatelnou část krajiny zabírá zástavba obce Malonty.

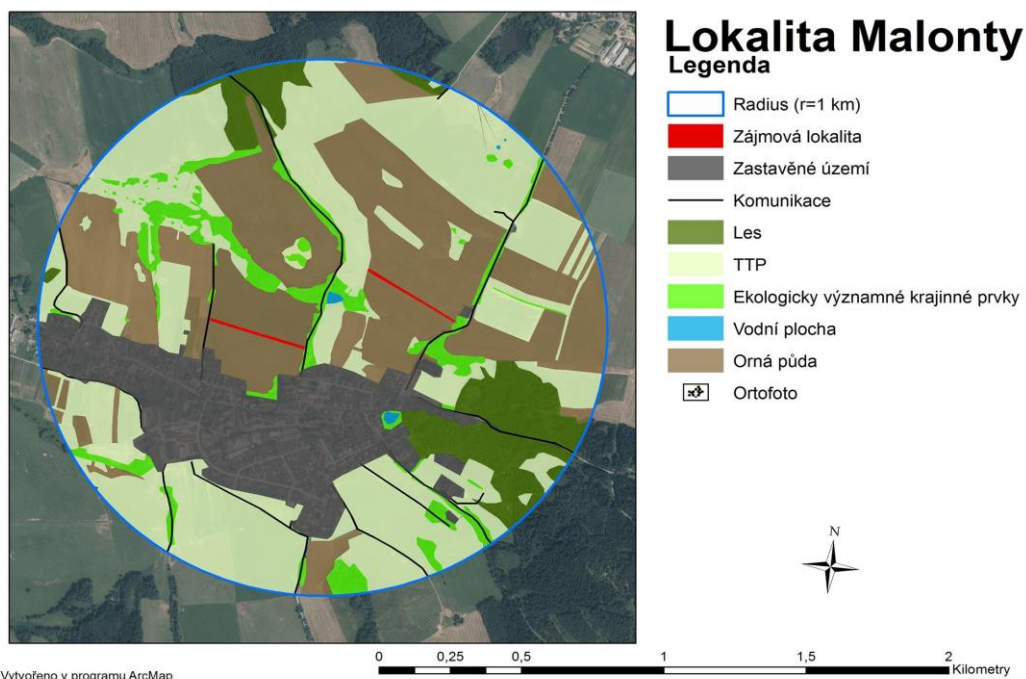
V obou sledovaných květnatých pásích dlouhých přes 350m a přes 5m širokých jsou umístěny v každém 2 pasti ve vzdálenosti přes 100m od sebe. Pásky a umístění pastí je znázorněno na obr. č. 3, květnaté pásky jsou ohraničeny oranžově, pasti jsou znázorněny žlutě. Průměrná sklonitost květnatého pásu na poli U kostela (označeném 2802/1) je 5,35 průměrná nadmořská výška je 671metrů nad mořem. Sklonitost druhého květnatého pásu ležícím na poli Za americanem (označeném číslem 1701/2) je 4,1 a nadmořská výška 689 metrů nad mořem. V posledních letech se v lokalitě i jejím okolí pěstuje krom obilovin také nezanedbatelné množství jetelovin a nedílnou součástí osevních postupů jsou také kvetoucí meziplodiny a pohanka, které včelám poskytují cenný zdroj potravy.

Obr. č. 4. Umístění pastí v lokalitě Malonty



Vzhledem k hojnému zastoupení příznivých míst ke hnízdění (viz obr. č. 5) a heterogenitě pěstovaných plodin i přítomnosti samotných květnatých pásů, na kterých jsou pasti umístěny se dá předpokládat hojný výskyt včel samotárek a čmeláků. Kromě divokých opylovačů jsou v doletové blízkosti lokality též chovány včely, které snůšky z kvetoucích plodin i květnatých pásů hojně využívají.

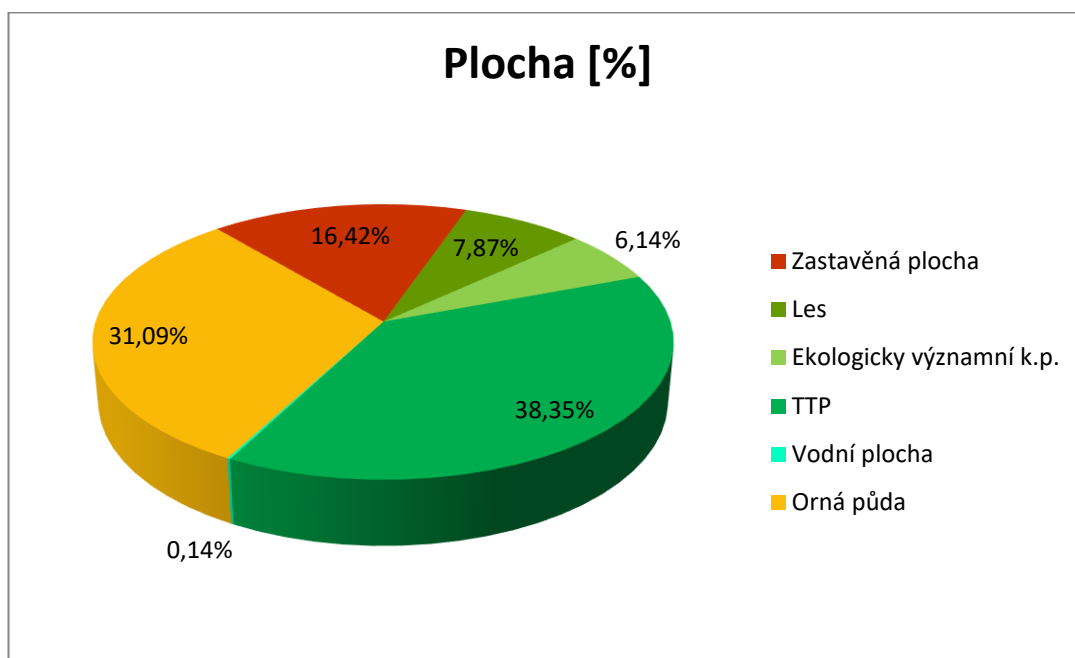
Obr. č. 5. Okolí lokality Malonty



Tab.č.2 Procentuální zastoupení využití pozemků v rádiu 1km v lokalitě Malonty

Druh pozemku	Plocha [%]
Zastavěná plocha	16,4
Les	7,9
Ekologicky významní k.p.	6,1
TTP	38,4
Vodní plocha	0,1
Orná půda	31,1

Obr. č. 6. Grafické znázornění procentuálního zastoupení využití půdy v lokalitě Malonty



Porovnání geografických rozdílů a land use

Lokality se liší v nadmořské výšce i geografickou polohou. Zatímco lokalita Zborov je v nadmořské výšce kolem 530 m.n.m., lokalita Malonty je v průměru o 150 m výše. Dalším podstatným rozdílem je režim hospodaření. Zatímco Zborov je obhospodařován v konvenčním režimu, Malonty jsou v režimu ekologického zemědělství. To má jistě vliv na skladbu porostu, diverzitu krajiny i dynamiku osevniho postupu. Zatímco v lokalitě Zborov převládá podíl orné půdy, v Malontech je to TTP. Nicméně zastoupení ekologicky významných krajinných prvků je na lokalitách srovnatelné a lokalita Zborov obsahuje zase méně zastavěné plochy a více

lesa, než lokalita Malonty. Tudíž se zdají být obě lokality z hlediska ekologické stability celkem srovnatelné. Viz obr. č. 3 a 6.

4.2 Polní hospodaření

Zborov

V posledních letech je pozemek využíván jako pole v konvenčním režimu hospodaření. Krom zisku z pěstovaných plodin jsou na pozemek také čerpány dotace a to platba na plochu – SAPS a LFA.

Tab. č. 3 Osevní postup na lokalitě Zborov

Rok	Plodina	význam pro opylovače
2012	Řepka olejka	zdroj nektaru a pylu
2013	Kukuřice	zdroj pylu
2014	Pšenice	-
2015	Ozimý ječmen	-
2016	Řepka olejka	zdroj nektaru a pylu

Malonty

V posledních letech je lokalita obhospodařována v ekologickém režimu hospodaření. Krom zisku z pěstovaných plodin jsou na pozemek také čerpány dotace a to platba na plochu – SAPS, LFA a také dotace na ekologické zemědělství.

Tab.č.4 Osevní postup polí u květných pásů v lokalitě Malonty na poli Pod kostelem

Rok	Pěstované rostliny		Význam pro opylovače	
	Plodina	Meziplodina	plodina	meziplodina
2012	pšenice	hořčice	-	zdroj nektaru i pylu
2013	oves	hořčice	-	zdroj nektaru i pylu
2014	tritikale	svazenka	-	zdroj nektaru i pylu
2015	špalda	svazenka	-	zdroj nektaru i pylu
2016	jetelotravní směska	lnička	zdroj nektaru a pylu	zdroj nektaru i pylu

Tab.č.5 Osevní postup polí u květných pásů v lokalitě Malonty na poli Za američanem

Rok	Pěstované rostliny		Význam pro opylovače	
	Plodina	Meziplodina	plodina	meziplodina
2012	jetelotravní směska	hořčice	zdroj nektaru i pylu	zdroj nektaru i pylu
2013	jetelotravní směska	svazenka	zdroj nektaru i pylu	zdroj nektaru i pylu
2014	jetelotravní směska	svazenka	zdroj nektaru i pylu	zdroj nektaru i pylu
2015	pšenice ozimá	svazenka	-	zdroj nektaru i pylu
2016	tritikale	lnička	-	zdroj nektaru i pylu

Porovnání osevních postupů z hlediska poskytování pastvy včelám

Již z tabulek č. 3,4 a 5, znázorňujících osevní postupy na lokalitách Zborov a Malonty je patrný markantní rozdíl v potravní nabídce, kterou včelám pěstované plodiny nabízejí. Kdy jsou v Lokalitě Malonty voleny mnohem pestřejší osevní postupy poskytující včelám pastvu mnohem pravidelněji v porovnání s lokalitou Zborov, kde se po většinu času pěstují pouze obilniny a řepka v monokultuře.

4.3 Chemické ošetření porostu

Zborov

Porost řepky byl během během ošetřen 9 přípravků s různými účinnými látkami, za různým účelem, jak je vidět v tab.č.6. Z nichž byly 3 na bázi herbicidů, 2 na bázi fungicidů, další 2 na bázi insekticidů, jeden na bázi moluscocidu a poslední sloužil jako adjuvant.

Tab. č.6 Použité pesticidy na porost řepky ve sledované lokalitě

Přípravek	datum	množství	účinné látky	funkce
Successor 600	21.8.2015	1,83l/ha	pethoxamid 600g/l	herbicide
Command 36CS	21.8.2015	0,145l/ha	klomazon 360g/l	herbicide
Groundet	21.8.2015	0,3l/ha	parafinový olej 732g/l	adjuvant
Metarex	26.8.2015	4kg/ha	metaldehyd 40 40g/kg	moluskocid
Garland forte	1.9.2015	0,6l/ha	propachizafop 100g/l	herbicide
Lynx	2.10.2015	0,95l/ha	tebuconazole 250h/l	fungicide
Nurelle D	4.4.2016	0,6l/ha	chlorpyrifos 500 g/l cypermethrin 50 g/l	insekticide
Bariard	2.5.2016	0,3l/ha	thianoklopid 240/l	insekticide
Paroli	2.5. 2016	3l/ha	thiofanát-methyl 167 g/l iprodion 167 g/l	fungicide

Charakterika pesticidů

SUCCESSOR 600

Successor 600 je herbicidní přípravek ve formě tekutého emulgovatelného koncentrátu, působící proti jednoletým lipnicovitým a dvouděložným plevelům. Účinná látka pethoxamid patří do skupiny chloracetamidů a je přijímána především přes kořeny, hypokotyl a klíčící listy mladých rostlin. Successor 600 je částečně systémový a brání syntéze lipidů. Již vzešlé plevele jsou citlivé max. do stádia děložních listů, reziduální účinnost proti později vzcházejícím travám a dvouděložným plevelům trvá několik týdnů po aplikaci přípravku.

Rizika pro nečlové organismy a životní prostředí

Přípravek nevyžaduje klasifikaci z hlediska ochrany ptactva, suchozemských obratlovců, včel, nečlových členovců, nečlových rostlin, půdních makroorganismů a půdních mikroorganismů (Agrofert Successor 600, 2017)

COMMAND 36 CS

Postřikový herbicidní přípravek určený k preemergentnímu ošetření. Aplikuje se ve formě suspenze, působí proti jednoletým dvouděložným plevelům. Účinná látka přípravku klomazon náleží do skupiny oxazolidinonů. Proniká do rostlin kořeny a u citlivých druhů inhibuje biosyntézu prekursorů chlorofylu a karotenoidů.

Rizika pro necílové organismy a životní prostředí

Neznečišťujte vody přípravkem nebo jeho obalem. (Nečistěte aplikační zařízení v blízkosti povrchové vody/zabraňte kontaminaci vod splachem z farem a cest). Přípravek nevyžaduje specifická opatření z hlediska ochrany ptactva, suchozemských obratlovců, včel, necílových členovců, půdních mikroorganismů a půdních makroorganismů a necílových suchozemských rostlin (Agrofert Command 36 CS, 2017)

GROUNDDED

Adjuvant ve formě emulgovatelného koncentrátu pro použití v zemědělství, zahradnictví a lesnictví. Je určený ke zlepšení vlastností postřikových kapalin, snížení úletu při aplikaci, rovnoměrnému pokrytí ošetřovaného povrchu a zvýšení adsorpce účinné látky půdními částicemi. Snižuje riziko poškození plodiny a zlepšuje biologickou účinnost pesticidů, zejména herbicidů s reziduálním půdním účinkem.

Rizika pro necílové organismy a životní prostředí

Přípravek nevyžaduje specifická opatření z hlediska ochrany vodních organismů, včel, necílových členovců, půdních makroorganismů a půdních mikroorganismů a necílových členovců, půdních makroorganismů a půdních mikroorganismů a necílových rostlin (Agromanual Grounder, 2017).

METAREX INOV

Moluskocid ve formě granulované návnady k ochraně polních plodin, ovocných rostlin, zeleniny, okrasných rostlin a skleníkových rostlin proti slimákům, plžům a hlemýžďům.

Podstata ochrany použitím granulovaných návnad je založena na konzumaci škůdcem, po které dochází k znehybnění slimáků. Potom následuje uhynutí. Hlemýždi a slimáci proto musejí návnadu před požitím nalézt. Požití potřebného množství návnady je klíčovým faktorem účinnosti. způsobují znehybnění slimáků. Potom následuje uhynutí.

Rizika pro necílové organismy a životní prostředí

Přípravek nevyžaduje specifická opatření z hlediska ochrany vodních organismů, včel, necílových členovců, půdních makroorganismů a půdních mikroorganismů a necílových rostlin (Argofert Metarex nov, 2017)

GARLAND FORTE

Selektivní postřikový herbicid ve formě emulgovatelného koncentrátu určený k postemergentnímu hubení jednoděložných jednoletých a vytrvalých plevelů. Přípravek působí selektivně jako listový translokační herbicid proti jednoděložným jednoletým a vytrvalým plevelům i výdrolu obilnin. Garland Forte se aplikuje až na vzešlé plevely, takže je výhodné ošetřovat výběrově ohniska zaplevelených částí

pozemků.

Rizika pro necílové organismy a životní prostředí

Přípravek nevyžaduje specifická opatření z hlediska ochrany ptáků, ostatních suchozemských obratlovců, včel, ostatních necílových členovců, půdních makroorganismů a mikroorganismů (Agrofert Grand Forte, 2017).

LYNX

Postřikový fungicidní přípravek ve formě vodní emulze sloužící k ochraně řepky proti houbovým chorobám. Má velmi dobrou účinnost proti širokému spektru houbových patogenů a dlouhou dobu trvání účinku. V řepce působí kromě *Phoma lingam* (fomová hniloba), *Sclerotinia sclerotiorum* (hlízenka obecná) a *Alternaria brassicae* (čern řepková) také proti *Botrytis cinerea* (plíseň šedá), *Cylindrosporium concentricum*, *Erysiphe cruciferarum*, *Mycosphaerella brassicicola*, *Pseudocercospora capsellae* a *Verticillium dahliae*.

Rizika pro necílové organismy a životní prostředí

Přípravek nevyžaduje specifická opatření z hlediska ochrany ptáků, ostatních suchozemských obratlovců, včel, ostatních necílových členovců, půdních makroorganismů a mikroorganismů (Agromanual Lynx, 2017).

NURELLE D

Nurelle D je postřikový širokospektrální insekticid ve formě emulgovatelného koncentráту určený k ochraně rostlin proti škodlivému hmyzu. Přípravek působí jako kontaktní, požerový a dýchací insekticid disponující výrazným fumigačním efektem. Po aplikaci proniká do rostlinných pletiv, není však rozváděn cévními svazky. Přípravek také vykazuje repelentní účinky, které omezují nálet dalších škůdců do porostu. Nurelle D vykazuje po aplikaci významnou reziduální aktivitu, která snižuje počet nutných insekticidních zásahů. Nurelle D hubí škůdce ve všech vývojových stádiích, pokud jsou přípravkem zasaženi. Fumigační efekt přípravku umožňuje hubení i těch jedinců, kteří zůstávají skryti před účinkem kontaktních a požerových insekticidů, např. mšice v řepném srdéčku apod.

Rizika pro necílové organismy a životní prostředí

Zvláště nebezpečný pro včely. Za účelem ochrany včel a jiných opylovačů se přípravek aplikuje nejpozději 3 dny před kvetením, v době mimo letovou aktivitu včel. Úly musí být nejméně 5 dnů po aplikaci přípravku odvezeny, nebo zakryty (eAGRI NurelleD, 2017).

BARIARD

Bariard je insekticidní přípravek obsahující účinnou látku thiakloprid ze skupiny chloronicotinyků. Působí jako systémový insekticid a to kontaktně i požerem. Princip účinku spočívá v narušení přenosu impulsů uvnitř nervového systému hmyzu.

Mechanismus účinku je tedy obdobný jako u inhibitorů acetylcholinesterázy, nicméně thiakloprid je pouze pomalu inaktivován. Jeho trvalé působení vede k celkovému selhání nervového systému a následně k usmrcení zasaženého cílového organismu (eagri.cz Bariard).

Rizika pro necílové organismy a životní prostředí

Přípravek nevyžaduje klasifikaci z hlediska ochrany ptactva, suchozemských obratlovců, včel, necílových členovců, půdních makroorganismů a mikroorganismů a necílových suchozemských rostlin (eagri.cz Bariard).

PAROLI

Postřikový fungicidní přípravek formulovaný jako suspenzní koncentrát (SC) určený k ochraně řepky olejné proti hlízence obecné (*Sclerotinia sclerotiorum*). Paroli obsahuje dvě účinné látky, thiofanát-methyl, který působí jako systémový fungicid a iprodion, který působí kontaktně. Iprodion působí protektivně na povrchu rostlin, kde zabraňuje klíčení spor plísní. Thiofanát-methyl působí ve protektivně a kurativně a to i uvnitř pletiv. Zabraňuje klíčení spor, penetraci hyf do buněk rostlin a růstu mycelií. Přípravek se vyznačuje dlouhodobým reziduálním účinkem, má pozitivní vliv na celkový zdravotní stav porostu a výnosovou úroveň (Katalog Sumi Agro Czech, 2016).

Rizika pro necílové organismy a životní prostředí

Přípravek nevyžaduje klasifikaci z hlediska ochrany ptactva, suchozemských obratlovců, necílových rostlin, včel, necílových členovců, půdních makroorganismů a půdních mikroorganismů (Katalog Sumi Agro Czech, 2016).

Malonty

Vzhledem k tomu, že jsou sledované pozemky na lokalitě Malonty v ekologickém režimu hospodaření, nebyl porost ošetřován žádnými pesticidy, ani jinými včelám nebezpečnými látkami.

Porovnání aplikovaných a detekovaných pesticidů

Vzhledem k rozdílným způsobům obhospodařování obou lokalit je lokalita Zborov mnohem více zatížena užíváním agrochemikálií, především pesticidy a jejich rezidui, než lokalita Malonty, v které nebyly detekovány žádné pesticidy, ani jejich rezidua.

4.4 Analýza pesticidů a jejich reziduí

Zborov

Data byla získána analýzou těl včel (létavek), které byly odchyceny v blízkosti úlu 9. května, tedy týden po posledním chemickém ošetření porostu. Odchyceno a analyzováno bylo 1004 jedinců (dělnice druhu *A. mellifera*). Analýzy provedl Státní výzkumný ústav Praha. Použité metody: SOP 10.58 (GC-ECD) a SOP 70.101 (HPLC-MS/MS). Tyto metody monitorují přítomnost a množství 244 pesticidů a jejich reziduí. Ostatní data, jako LD 50 a toxicita byla dohledána na <https://toxnet.nlm.nih.gov/>.

Jak je z tabulky č. 6 a 7 patrné, detekované pesticidy odpovídají těm aplikovaným, krom carbendazimu (ten je ovšem metabolitem thiophanate-methylu). I přes to, že všechny přítomné pesticidy byly detekovány ve velmi malých množstvích, je nutné brát v úvahu, že pesticidy a jejich rezidua zůstávají v krajině, v trofických vazbách i v tělech včel, které jsou v kontaktu s kontaminovaným prostředím i týden po aplikaci.

Tab. č. 7 Zjištěné pesticidy z těl včel na lokalitě Zborov

Pesticid	množství (mg/kg)	funkce	toxicita	LD50 včel	Zjištěné množství na 1včelu
thiophanate-methyl	0.119 (± 50 %)	fungicid	nepatrná	>100 µg	0,0119µg
thiacloprid	0.114 (± 50 %)	insekticid	malá	24 µg	0,0114µg
iprodione	0.084 (± 50 %)	fungicid	nepatrná	>100 µg	0,0084µg
carbendazim	0.067 (± 50 %)	fungicid	malá	50 µg	0,0067µg

Malonty

Byla provedena analýza pesticidů a jejich reziduí z těl včel, které byly odchyceny v blízkosti úlů nedaleko od zkoumané lokality. Odchyt byl proveden v blízkosti úlu 10. května, tedy v době, kdy bývají kvetoucí porosty ošetřovány. Odchyceno a analyzováno bylo 574 jedinců, (dělnice druhu *A. mellifera*). Analýzy provedl Státní výzkumný ústav Praha. Použité metody: SOP 10.58 (GC-ECD) a SOP 70.101 (HPLC-MS/MS). Tyto metody monitorují přítomnost a množství 244 pesticidů a jejich reziduí.

V analyzovaném vzorku však nebyly detekovány žádné pesticidy, ani jejich rezidua.

Porovnání detekovaných pesticidů a reziduí

Vzhledem k rozdílným způsobům obhospodařování obou lokalit je lokalita Zborov mnohem více zatížena užíváním agrochemikálií, především pesticidy a jejich rezidui, než lokalita Malonty, v které nebyly detekovány žádné agrochemikálie.

4.5 Diverzita včel

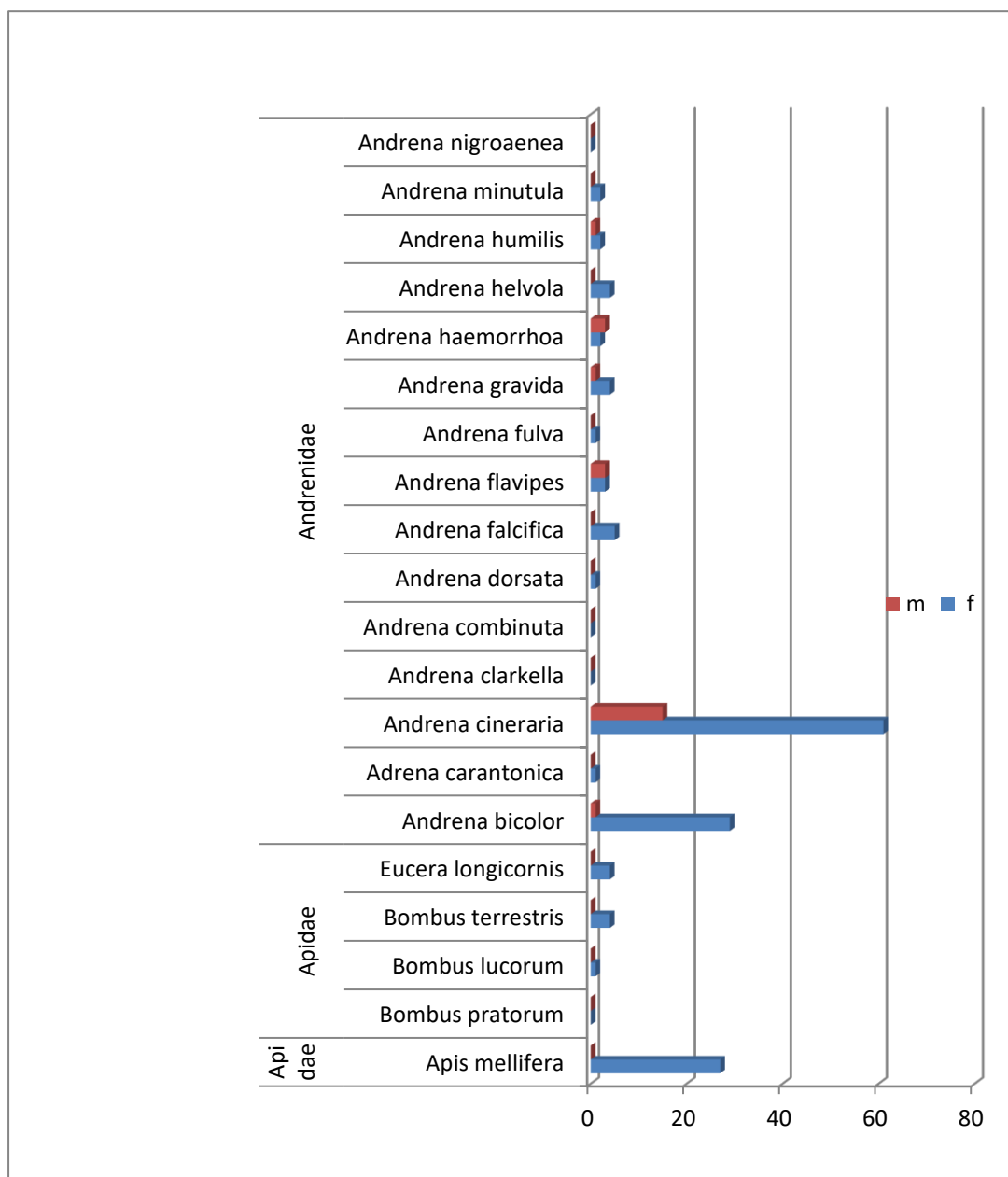
Tab. č. 8. Seznam druhů a vyhodnocení jejich početnosti v lokalitě Zborov

Taxonomické zařazení		Zborov			
Čeleď	Druh	počet f	počet m	celkově	%
<i>Apidae</i>	<i>Apis mellifera</i>	15	0	15	18,5
	<i>Bombus lapidarius</i>	4	0	4	4,9
	<i>Bombus terrestris</i>	6	0	6	7,4
<i>Andrenidae</i>	<i>Andrena bicolor</i>	1	0	1	1,2
	<i>Andrena cineraria</i>	8	5	13	16,0
	<i>Andrena clarkella</i>	3	0	3	3,7
	<i>Andrena combinuta</i>	0	1	1	1,2
	<i>Andrena flavipes</i>	5	4	9	11,1
	<i>Andrena fulva</i>	1	0	1	1,2
	<i>Andrena gravida</i>	3	1	4	4,9
	<i>Andrena haemorrhoa</i>	5	3	8	9,9
	<i>Andrena helvola</i>	1	0	1	1,2
	<i>Andrena nigroaenea</i>	1	1	2	2,5
	<i>Andrena nitida</i>	1	1	2	2,5
	<i>Andrena praecox</i>	3	0	3	3,7
	<i>Andrena ruficrus</i>	2	0	2	2,5
<i>Halictidae</i>	<i>Lasioglossum calceatum</i>	1	0	1	1,2
	<i>Lasioglossum lativentre</i>	1	0	1	1,2
	<i>Lasioglossum pauxillum</i>	2	0	2	2,5
	<i>Lasioglossum zonulum</i>	2	0	2	2,5
Součet		65	16	81	100

Zborov

Na lokalitě Zborov bylo pozorováno 20 druhů včel z 3 čeledí (*Apidae*, *Andrenidae* a *Helictidae*). Druhově i početně nejbohatší skupinou byly včely z čeledi *Andrenidae*, která čítala 13 druhů, 50 jedinců kteří tvořily 61,7% ze všech chycených včel. Nicméně nejhojněji se vyskytujícím druhem byla *A. mellifera* z rodu *Apidae*, jejíž zastoupení v pastích činilo 15 jedinců, tedy 18,5% ze všech nasbíraných včel. Zjištěn byl také významný poměr čmeláků mezi opylovači. Byly chyceny dva druhy čítající dohromady 10 jedinců, z nichž většinu tvořil *Bombus terrestris* a menší část *Bombus lapidarius*, dohromady tak tvořili 12,3%. Nejméně početně zastoupenou čeledí byla *Heliactidae* u které i přes přítomnost 4 druhů bylo chyceno pouze 6 jedinců, což dává z celkového počtu jen 7,5%.

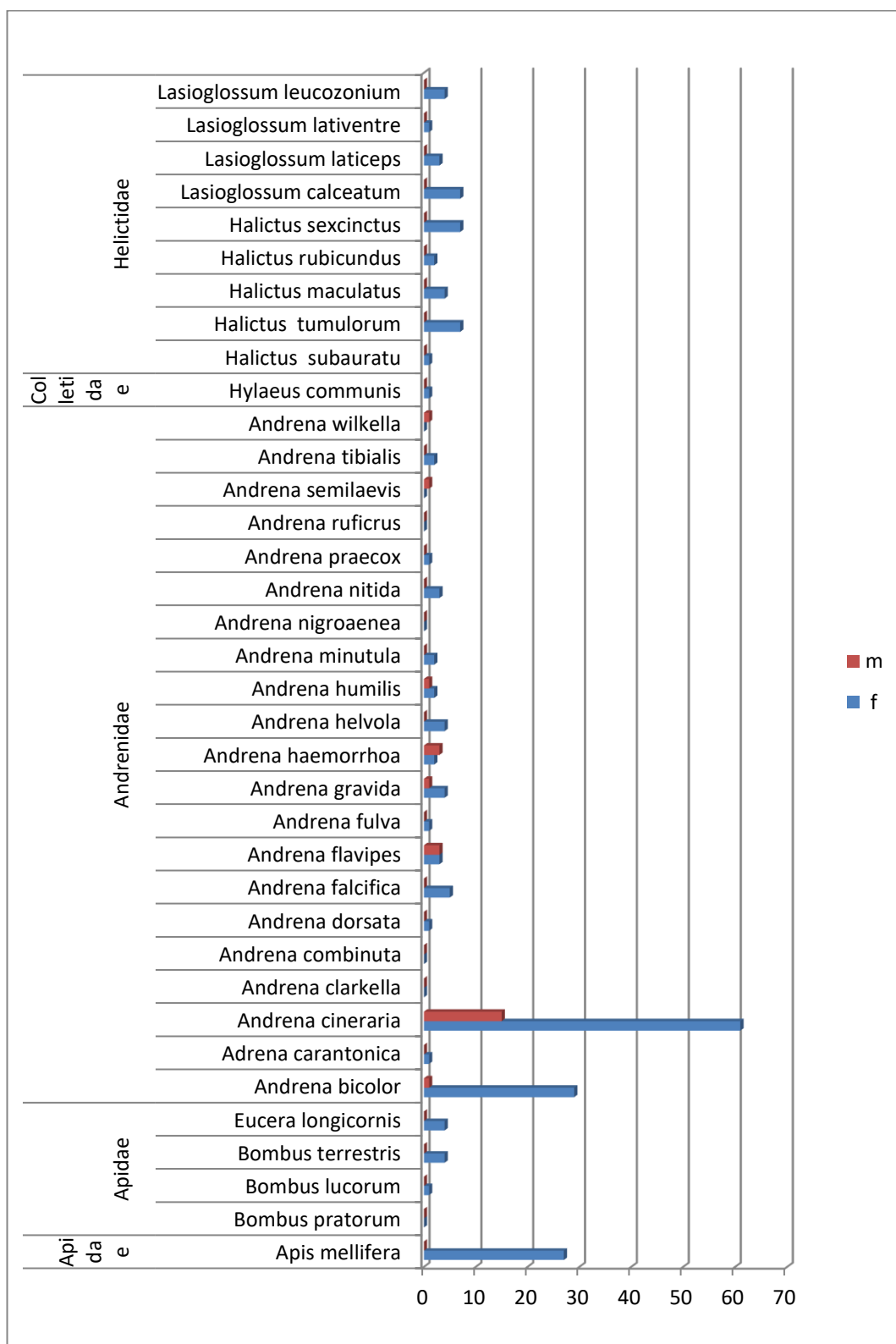
Obr. č. 7 Grafické znázornění početnosti zjištěných druhů na lokalitě Zborov



Tab. č. 9 Seznam druhů a vyhodnocení jejich početnosti z lokality Malonty

Taxonomické zařazení		Malonty			
Čeleď	Druh	počet f	počet m	celkově	%
Apidae	<i>Apis mellifera</i>	27	0	27	11,8
	<i>Bombus lucorum</i>	1	0	1	0,4
	<i>Bombus terrestris</i>	4	0	4	1,7
	<i>Eucera longicornis</i>	4	0	4	1,7
Andrenidae	<i>Andrena bicolor</i>	29	1	30	13,1
	<i>Andrena carantonica</i>	1	0	1	0,4
	<i>Andrena cineraria</i>	61	15	76	33,2
	<i>Andrena dorsata</i>	1	0	1	0,4
	<i>Andrena falsifica</i>	5	0	5	2,2
	<i>Andrena flavipes</i>	3	3	6	2,6
	<i>Andrena fulva</i>	1	0	1	0,4
	<i>Andrena gravida</i>	4	1	5	2,2
	<i>Andrena haemorrhhoa</i>	2	3	5	2,2
	<i>Andrena helvola</i>	4	0	4	1,7
	<i>Andrena humilis</i>	2	1	3	1,3
	<i>Andrena minutula</i>	2	0	2	0,9
	<i>Andrena nitida</i>	3	0	3	1,3
	<i>Andrena praecox</i>	1	0	1	0,4
	<i>Andrena semilaevis</i>	0	1	1	0,4
<i>Andrena tibialis</i>	2	0	2	0,9	
<i>Andrena wilkella</i>	0	1	1	0,4	
Colletidae	<i>Hylaeus communis</i>	1	0	1	0,4
Helictidae	<i>Halictus subauratus</i>	1	0	1	0,4
	<i>Halictus tumulorum</i>	7	0	7	3,1
	<i>Halictus maculatus</i>	4	0	4	1,7
	<i>Halictus rubicundus</i>	2	0	2	0,9
	<i>Halictus sexcinctus</i>	7	0	7	3,1
	<i>Lasioglossum calceatum</i>	7	0	7	3,1
	<i>Lasioglossum laticeps</i>	3	0	3	1,3
	<i>Lasioglossum lativentre</i>	1	0	1	0,4
	<i>Lasioglossum leucozonium</i>	4	0	4	1,7
	<i>Lasioglossum pauxillum</i>	1	0	1	0,4
	<i>Lasioglossum zonulum</i>	3	0	3	1,3
	<i>Sphecodes gibbus</i>	1	0	1	0,4
Magachilidae	<i>Chelostoma florissomne</i>	0	1	1	0,4
	<i>Chelostoma rapunculi</i>	2	1	3	1,3
Součet		201	28	229	100

Obr. č. 8 Grafické znázornění početnosti druhů na lokalitě Malonty



Malonty

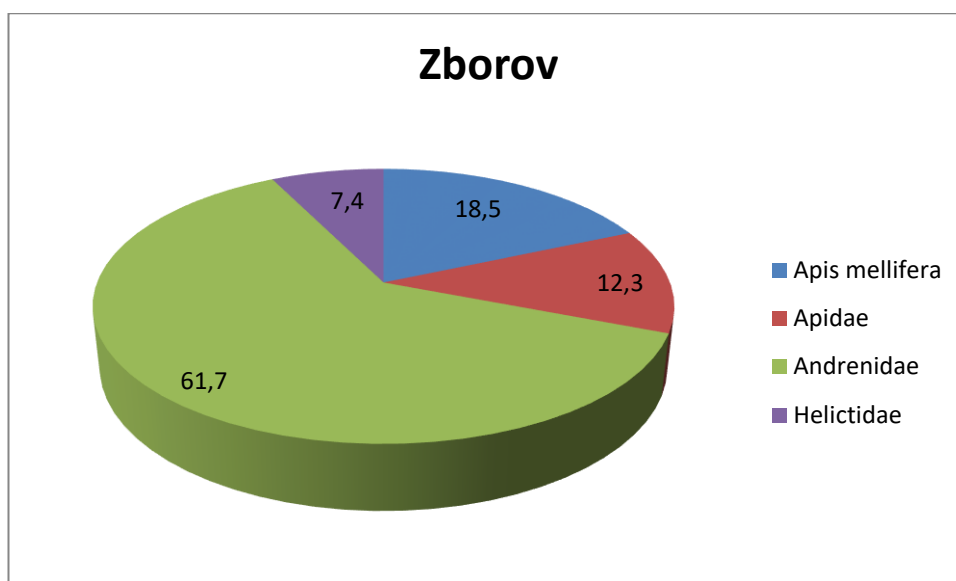
Na lokalitě Malonty bylo pozorováno 36 druhů včel z 5 čeledí (*Apidae*, *Andrenidae*, *Colletidae*, *Helictidae*, *Megachilidae*). Druhově i početně nejbohatší skupinou byly včely čeledi *Andrenidae*, která čítala 17 druhů, 147 jedinců a tvořily 64,2% všech chycených včel. Nejhojněji vyskytující se druhy byly *Andreana cineraria* (76 jedinců a 33,2%), *Andrena bicolor* (30 jedinců, 13,1%) a *A. mellifera* (27 jedinců, 11,8%). Nicméně oproti hojnému zastoupení samotářských včel byl zjištěn malý výskyt čmeláků čítající 2 druhy *Bombus terrestris* (4 jedinci a 1,7%) a *Bombus lucorum* (1 jedinec a 0,4%). Nejméně početně zastoupenou čeledí byla *Megachilidae* kterou zastupovali 2 druhy včel, *Chelostoma florissomne* čítala pouze jednoho jedince, *Chelostoma rapunculi* čítala 3, což dohromady dalo 1,7% z celkového počtu odchycených jedinců.

Porovnání diverzity včel

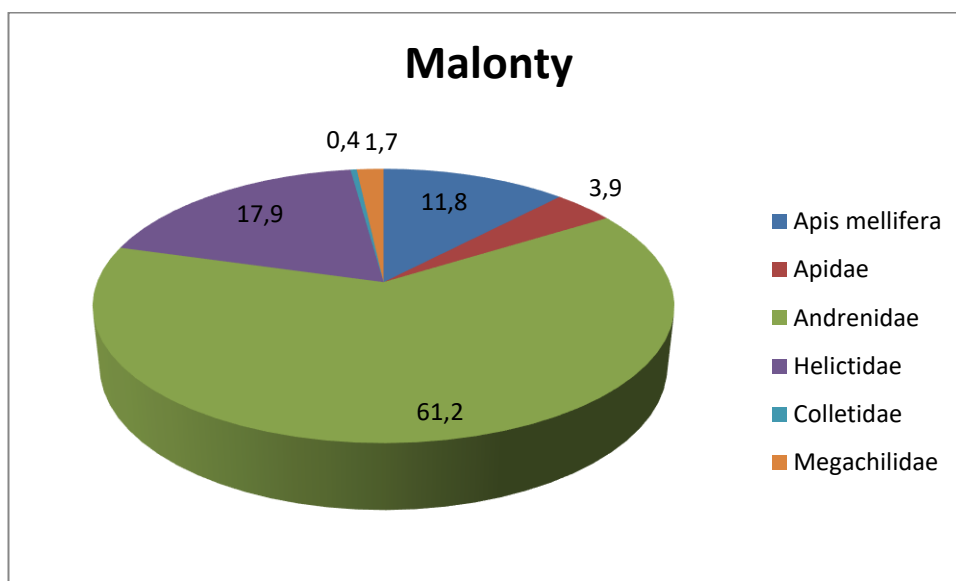
Tab.č.10 Porovnání diverzity včel na lokalitách Zborov a Malonty

Taxonomické zařazení		Malonty				Zborov			
Čeleď	Druh	f	m	m+f	%	f	m	m+f	%
Apidae	<i>Apis mellifera</i>	27	0	27	11,8	15	0	15	18,5
Apidae	<i>Bombus pratorum</i>	0	0	0	0,0	4	0	4	4,9
	<i>Bombus lucorum</i>	1	0	1	0,4	0	0	0	0,0
	<i>Bombus terrestris</i>	4	0	4	1,7	6	0	6	7,4
	<i>Eucera longicornis</i>	4	0	4	1,7	0	0	0	0,0
Andrenidae	<i>Andrena bicolor</i>	29	1	30	13,1	1	0	1	1,2
	<i>Adrena carantonica</i>	1	0	1	0,4	0	0	0	0,0
	<i>Andrena cineraria</i>	61	15	76	33,2	8	5	13	16,0
	<i>Andrena clarkella</i>	0	0	0	0,0	3	0	3	3,7
	<i>Andrena combinuta</i>	0	0	0	0,0	0	1	1	1,2
	<i>Andrena dorsata</i>	1	0	1	0,4	0	1	0	0,0
	<i>Andrena falcifica</i>	5	0	5	2,2	0	0	0	0,0
	<i>Andrena flavipes</i>	3	3	6	2,6	5	4	9	11,1
	<i>Andrena fulva</i>	1	0	1	0,4	1	0	1	1,2
	<i>Andrena gravida</i>	4	1	5	2,2	3	1	4	4,9
	<i>Andrena haemorrhoea</i>	2	3	5	2,2	5	3	8	9,9
	<i>Andrena helvola</i>	4	0	4	1,7	1	0	1	1,2
	<i>Andrena humilis</i>	2	1	3	1,3	0	0	0	0,0
	<i>Andrena minutula</i>	2	0	2	0,9	0	0	0	0,0
	<i>Andrena nigroaenea</i>	0	0	0	0,0	1	1	2	2,5
	<i>Andrena nitida</i>	3	0	3	1,3	1	1	2	2,5
	<i>Andrena praecox</i>	1	0	1	0,4	3	0	3	3,7
	<i>Andrena ruficrus</i>	0	0	0	0,0	2	0	2	2,5
	<i>Andrena semilaevis</i>	0	1	1	0,4	0	0	0	0,0
	<i>Andrena tibialis</i>	2	0	2	0,9	0	0	0	0,0
	<i>Andrena wilkella</i>	0	1	1	0,4	0	0	0	0,0
Colletidae	<i>Hylaeus communis</i>	1	0	1	0,4	0	0	0	0,0
Helictidae	<i>Halictus (seladonia) subauratus</i>	1	0	1	0,4	0	0	0	0,0
	<i>Halictus (seladonia) tumulorum</i>	7	0	7	3,1	0	0	0	0,0
	<i>Halictus maculatus</i>	4	0	4	1,7	0	0	0	0,0
	<i>Halictus rubicundus</i>	2	0	2	0,9	0	0	0	0,0
	<i>Halictus sexcinctus</i>	7	0	7	3,1	0	0	0	0,0
	<i>Lasioglossum calceatum</i>	7	0	7	3,1	1	0	1	1,2
	<i>Lasioglossum laticeps</i>	3	0	3	1,3	0	0	0	0,0
	<i>Lasioglossum lativentre</i>	1	0	1	0,4	1	0	1	1,2
	<i>Lasioglossum leucozonium</i>	4	0	4	1,7	0	0	0	0,0
	<i>Lasioglossum pauxillum</i>	1	0	1	0,4	2	0	2	2,5
	<i>Lasioglossum zonulum</i>	3	0	3	1,3	2	0	2	2,5
	<i>Sphecodes gibbus</i>	1	0	1	0,4	0	0	0	0
Magachilidae	<i>Chelostoma florissomne</i>	0	1	1	0,4	0	0	0	0
	<i>Chelostoma rapunculi</i>	2	1	3	1,3	0	0	0	0
Součet		201	28	229	100	65	17	81	100

Obr. č. 9 Grafické znázornění procentuálního zastoupení skupin včel v lokalitě Zborov



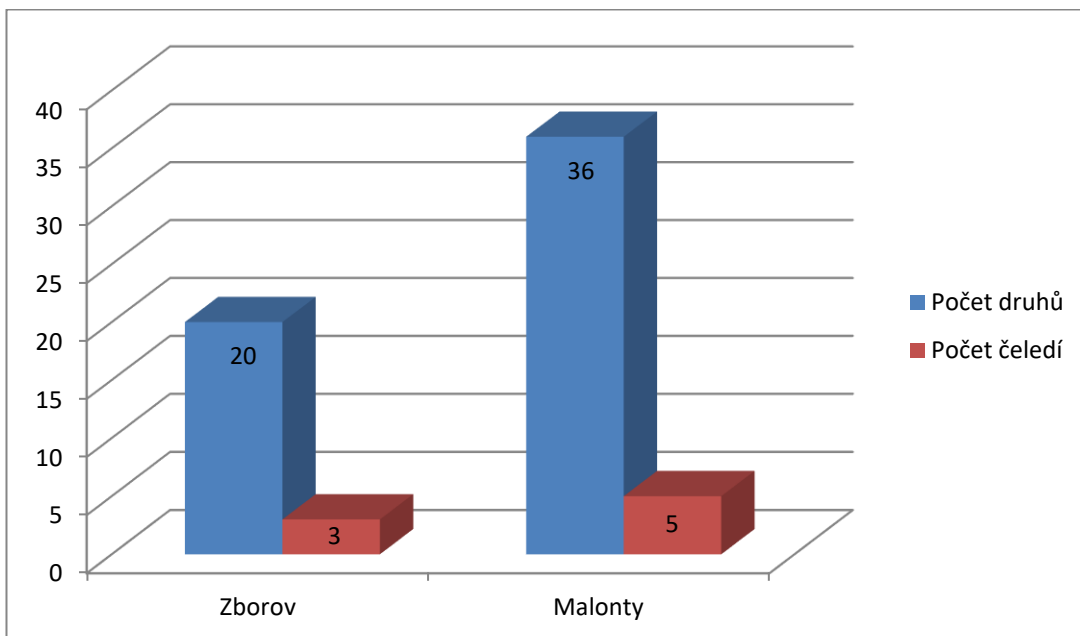
Obr. č. 10 Grafické znázornění procentuálního zastoupení skupin včel v lokalitě Malonty.



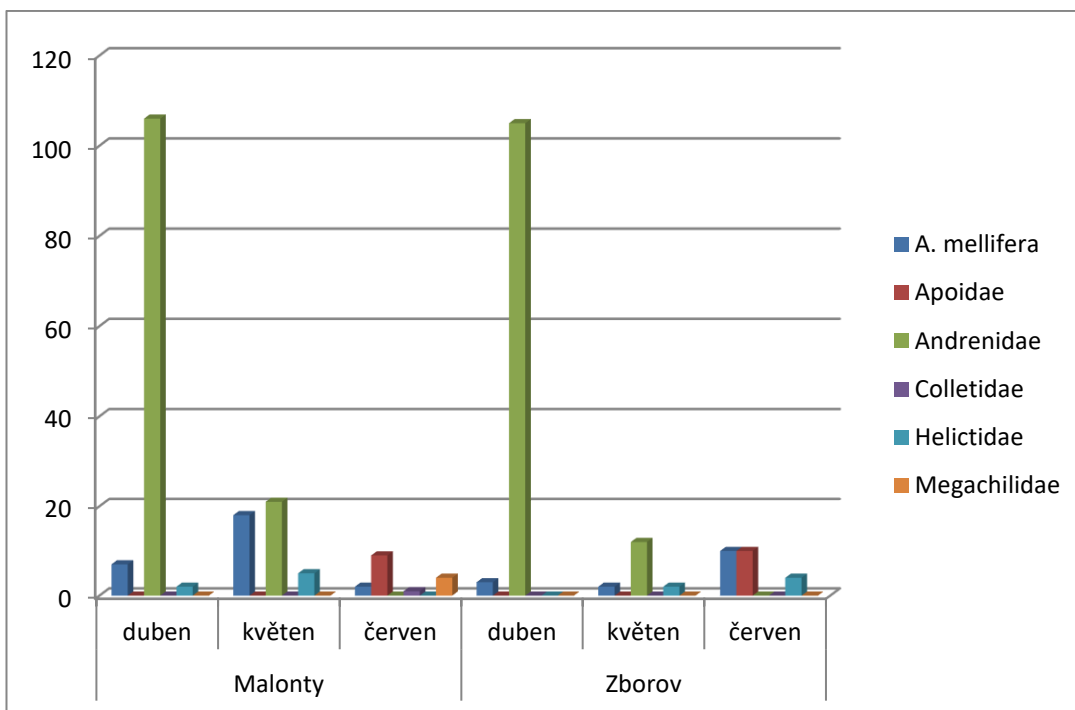
Z obrázku číslo 9 a 10 je patrný rozdíl ve složení společenstva opylovačů na lokalitách Zborov a Malonty. Na obou lokalitách se čeleď *Andrenidae* vyskytuje téměř v identickém poměru, vůči ostatním skupinám včel. Nicméně v poměru výskytu i bohatosti druhů se už lokality značně liší. Zatímco lokalita Malonty čítá 5 čeledí zastoupených 36 druhy, lokalita Zborov čítá pouze 3 čeledi zahrnující jen 20 druhů. Nicméně druhy vyskytující se na lokalitě Zborov vykazují vyšší abundanci a stabilitu společenstva, než společenstvo z lokality Malonty, které je sice druhově pestřejší, ale disponuje menší abundancí druhů. Další zásadní rozdíl je v poměru výskytu *A. mellifera*, který je v oblasti Zborov asi o třetinu vyšší. Dalším podstatným

rozdílem se zdá být zastoupení čmeláku ve společenstvu, které je v lokalitě Zborov opět větší a to dokonce téměř šestrkrát. *A. mellifera* je uvedena zvlášť, neboť její výskyt není sezonně ovlivněn ani vázán na hnízdní podmínky a zkreslovala by data.

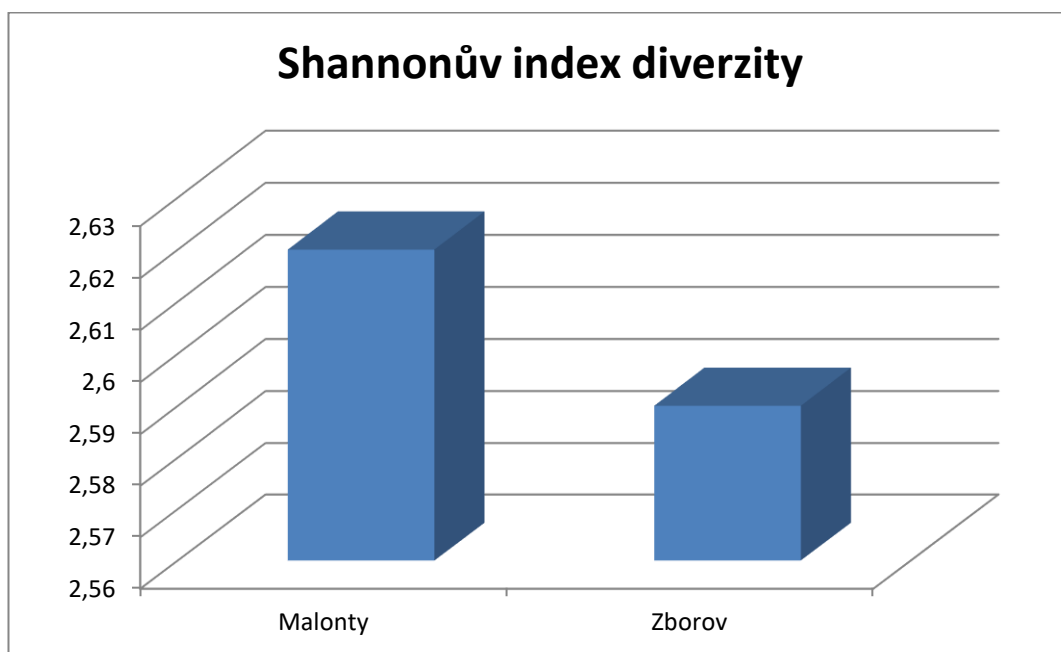
Obr. č. 11 Grafické znázornění početnosti druhů a početnosti čeledí na lokalitách



Obr.č.10 Grafické znázornění početnosti skupin včel v čase

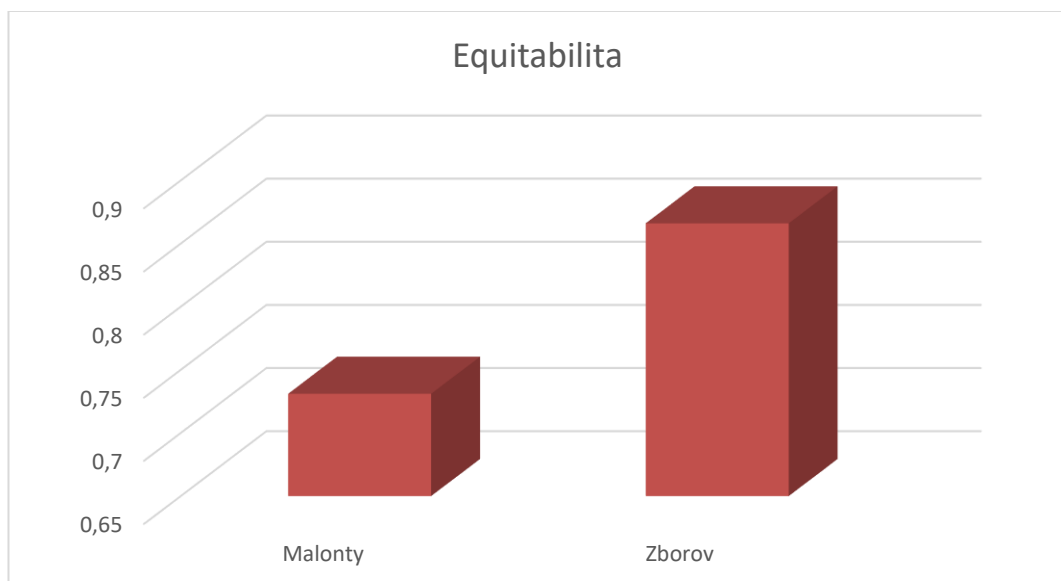


Obr.č. 11 Grafické znázornění Shannonova indexu diverzity



Jak je dále patrné z hodnot Shannonova indexu, výsledná hodnota se pro obě lokality téměř neliší a to i přes mnohem větší počet druhů v lokalitě Malonty. Výsledek totiž bere v úvahu abundanci druhů. Vzhledem k tomu, že bylo v oblasti Malonty nalezeno více druhů, jejichž abundance u velkého počtu druhů byla velice nízká, je ve vztahu ke stabilitě a diverzně společenstva výsledek indexu srovnatelný. Podobné hodnoty indexu jsou dány především také tím, že na obou lokalitách je srovnatelný výskyt biotopů vhodných ke hnízdění. Což je pro výskyt opylovačů zásadním faktorem.

Obr. Č. 12 Grafické znázornění equitability



Hodnota equatibility znázorňuje rovnoměrnost rozložení opylovačů. V podstatě by se dalo říci, zda služba opylení závisí na jednom, nebo pár druhích (nízká hodnota), nebo naopak službu opylení poskytuje stabilně více druhů (vysoká hodnota). Vzhledem k tomu, že obě hodnoty vyšli celkem vysoké, dalo by se říci, že rozložení opylujících druhů je do značné míry vyrovnané. Zajímavé je, že hodnota lokality zborov převyšuje zřetelně hodnotu lokality Malont (i přes to, že Malonty jsou v ekologickém režimu hospodaření). Výsledek je opět dán nízkou abundancí mnoha druhů v lokalitě Malonty. Tento výsledek se shoduje s výsledky výzkumu Bartomeus a Winfree (2013), kteří uvádějí, že za určitých podmínek může být v intenzivně obhospodařované krajině dostatečný počet opylovačů k tomu, aby poskytl stabilní službu opylení i za předpokladu, nižší biodiverzity včel. Z výsledků lze tedy vyvodit, že na stabilní složení společenstva opylovačů, které je schopné poskytovat dostatečnou službu opylení, nemá zásadní vliv management hospodaření, ani chemizace prostředí, ale především přítomnost biotopů vhodných ke hnízdění a přítomnost porostů poskytující včelám potravu v době hnízdění. Nicméně je nutno podotknout, že měření diverzity na základě odběrů do žlutých pastí nemusí poskytnout naprosto relevantní data. Výsledky mohou být skresleny počasím (kdy může docházet k vyplavení, nebo naopak vyschnutí pastí). V neposlední řadě, je v této metodě odběru velký prostor pro náhodu.

5 Diskuse

Jak pozorování ukázalo, na lokalitě Malonty byl počet druhů, počet čeledí i celkový počet odchycených jedinců znatelně vyšší, než na lokalitě Zborov. Takovýto značný rozdíl mezi zastoupením a početností druhů může být do značné míry způsoben odlišným obhospodařováním krajiny. V první řadě vzhledem k tomu, že lokalita Malonty je v ekologickém režimu hospodaření, nejsou v daném ekosystému přítomny pesticidy, ani jejich rezidua. Oproti tomu lokalita Zborov je v konvenčním režimu hospodaření a jen během pěstování jedné plodiny (řepky) bylo na porost použito 9 různých agrochemikálií zahrnující herbicidy, moluscocidy, insekticidy, fungicidy a adjutanty. Ačkoli stanovené množství pesticidů a jejich reziduí v tělech včel bylo velmi nízké, nedá se vyloučit negativní vliv na populace včel (Blackuyére, 2012), který může být při takto malých dávkách jen těžko postřehnutelný (Lambin a spol., 2001). Dalším potencionálním rizikem i u takto nízkých dávek pesticidů je možný synergický efekt, který způsobuje smícháním různých pesticidů ve výsledku směs, která je mnohonásobně toxičtější, než samotné pesticidy (Iwasa et al. 2004). Krom přímé toxicity trvalá expozice pesticidů již v malých dávkách může narušovat imunitní systém včel, který se tak stává vnímavějším pro virové infekce, vůči kterým jsou za normálních okolností včely odolné (Di Prisco, 2013). V neposlední řadě otázkou zůstává, jaká byla úmrtnost včel kontaminovaných letální dávkou (došlo li k tomu) a jaká byla koncentrace pesticidů u takto postižených jedinců.

Další vliv na rozdíly v diverzně sledovaných lokalit má jistě přítomnost přirozených a polopřirozených stanovišť (Kennedy et al., 2013), což opět souvisí se stupněm intenzifikace krajiny. To jen potvrzuje vyšší diverzitu i početnost opylovačů na lokalitě Malonty.

Nicméně i přes to, že bylo v lokalitě Malonty více druhů i větší početnost, nemělo to téměř žádný vliv na výsledek Shannonova indexu diverzity, který vyšel na obou lokalitách téměř totožně. Navíc hodnota equitability vyšla vyšší dokonce pro lokalitu Zborov. Což je zřejmě dáno tím, že v lokalitě Malonty bylo nalezeno mnoho druhů s velmi nízkou abundancí, kdy druh reprezentovali jen jeden, nebo dva jedinci. Oproti tomu ve Zborově bylo méně druhů, které však měli většinou vyšší abundanci. Což může vést k větší stabilitě celého společenstva z důvodu, že některé včelí druhy mohou být zvýhodněny v antropických oblastech, jako jsou hospodářsky využívaná krajina nebo městské oblasti (Westphal et al., 2003; Winfree et al., 2007). Bylo zjištěno, že různé druhy mají nápadně odlišné reakce na různé typy stanovišť. Vzhledem k vysokým počtům některých druhů na obou lokalitách, jako je např. *Andrena cineraria* zřejmě některé druhy včel nejsou prokazatelně ovlivněny managementem hospodaření (Ghazoul 2005).

Další zajímavostí je, že i přes vyšší diverzitu včel v lokalitě Malonty, byl pozorován mnohem větší výskyt čmeláků na lokalitě Zborov, což by podle Ghazoula (2005) mohlo být vysvětleno tím, že některé druhy včel mohou být v prostředí intenzivně využívané krajiny oproti jiným zvýhodněny. Tedy i společenstvo opylovačů při nižší diverzitě je schopno poskytnout krajině dostatečnou a stabilní službu opylení.

Poslední otázkou zůstává interpretace množství chycených jedinců včely medonosné. Vzhledem k tomu, že je *A. mellifera* chována člověkem a vytváří víceleté kolonie, je výskyt a početnost jedinců tohoto druhu dána spíše počtem úlů v krajině.

6 Závěr

Během pokusu byla monitorována diverzita, početnost a kontaminace agrochemikáliemi včel na dvou lokalitách. Z čehož na lokalitě Zborov je intenzivně hospodářsky využívanou oblastí v konvenčním režimu hospodaření, kde se ve sledovaném období pěstovala především řepka. Oproti tomu druhá sledovaná lokalita Malonty je extenzivněji využívanou oblastí spadající do ekologického režimu hospodaření.

Vzhledem k tomu, že největší vliv na stav populací opylovačů má chemizace prostředí (Porrini et al., 2002, a diverzita porostů a fragmentace krajiny (Cane a Tepedino, 2001), byl předpoklad, že na lokalitě Malonty, která je v ekologickém režimu hospodaření, bude větší diverzita včel, než na lokalitě Zborov, která je vzhledem k managementu charakteristická právě aplikací agrochemikálií, nižší diverzitou porostů a menší heterogenitou krajiny.

Během monitoringu bylo celkem odchyceno 310 jedinců včel spadajících do 5 čeledí zastupující 39 druhů včel. Z toho 36 druhů čítajících 229 jedinců spadajících do 5 čeledí (*Apidae*, *Andrenidae*, *Colletidae*, *Helictidae*, *Megachilidae*) bylo nalezeno na lokalitě Malonty. Na lokalitě Zborov bylo nalezeno jen 81 jedinců včel spadajících do 3 čeledí (*Apidae*, *Andrenidae*, *Helictidae*), které čítaly 20 druhů.

Nejhojněji se vyskytující druhy spadaly do čeledi *Andrenidae* (krom *A. mellifera*, která je vzhledem k velkému počtu úlů v krajině téměř všudypřítomná a to v hojném počtu). Nejhojněji vy vyskytujícím druhem, pokud nepočítáme jedince druhu *A. mellifera*, byla na obou lokalitách *A. cineraria* (v lokalitě Malonty její výskyt dokonce několikrát převyšoval počet jedinců *A. mellifera*). Nicméně včely rodu *Andrenidae*, jak ukazuje obr. č. 10, poskytují službu opylení jen v rané části jara a pak už se téměř nevyskytují. Z tohoto důvodu by byly vhodnými opylovači raně kvetoucích kultur, jako jsou ovocné sady.

Další významnou skupinou opylovačů na obou lokalitách byla *A. mellifera*, které nebylo odchyceno předpokládané množství (v lokalitě Zborov 15 jedinců, v lokalitě Malonty 28 jedinců). Což neodpovídá předpokládanému výskytu. Nicméně, jedinci tohoto druhu byli v pastech nalézány po celou dobu monitorování, což potvrzuje význam *A. mellifera* pro opylení zemědělských plodin.

Naopak včely čeledi *Helictidae* se vyskytují téměř výhradně až v létě a na jaře se téměř nevyskytují. Proto by se s nimi dalo počítat jako s opylovači později kvetoucích plodin.

Nicméně vzhledem k jejich početnosti, která nebyla v lokalitě Malonty příliš významná z hlediska opylování a téměř zanedbatelná v lokalitě Zborov, jde zřejmě o druhy, kterým příliš nevyhovuje zemědělsky využívaná krajina (nebo klimato geografické podmínky lokalit, jako je nadmořská výška).

Poslední významnou skupinou opylovačů, která se vyskytovala na sledovaných lokalitách, jsou čmeláci spadající do čeledi *Apidae*. Nicméně výskyt čmeláků byl v obou lokalitách zaznamenán až v červu, což koreluje s dynamikou rozvoje

přirozených čmeláčích kolonií v těchto nadmořských výškách. Nečekané bylo, že v lokalitě Zborov se zjistil dvakrát větší počet čmeláků, než v ekologicky obhospodařované lokalitě Malonty.

Po výpočtu Shannonova indexu diverzity se zjistilo, že hodnota indexu je pro obě sledované lokality téměř totožná, hodnota exuitability byla pro Zborov dokonce větší, než pro Mlonty. Podoba výsledků spočívá v nízké abundanci velkého počtu druhů v lokalitě Malonty. Nejdůležitějším faktorem je přítomnost biotopů vhodných ke hnízdění a přítomnost porostů poskytující potravu. Z čehož vyplývá, že i společenstvo opylovačů čítající méně druhů, může poskytovat stabilní opylovací službu, protože znevýhodněné druhy mohou být nahrazeny druhy méně přizpůsobenými podmínkám zemědělsky intenzivně využívané krajiny. Nicméně i přes výsledky výpočtů equitability a Shannonova indexu je nutné brát v úvahu počet jedinců, který byl v lokalitě Malonty téměř 3 krát vyšší, než v lokalitě Zborov, což výsledky výpočtů neberou v potaz.

Z výše uvedených dat tedy vyplývá, že Druhová pestrost opylovačů může mít zásadní význam pro poskytnutí stabilního opylení plodin i planě rostoucích rostlin. K efektivnějšímu využití služby opylení je tedy potřeba, zvýšení heterogenity krajiny a přítomnost hnízdních biotopů, která podporuje druhovou rozmanitost i početnost druhů. V případě výskytu stabilního společenstva včel, dochází k synergickému efektu opylení, což představuje udržitelný způsob, jak poskytnout pěstovaným kulturám optimální opylení a tím maximalizovat kvalitu i kvantitu výnosu.

Také se potvrdilo, že intenzivně obhospodařovaná krajina se vyznačuje změnou diverzity, kdy ubývá specialistů, ale přežívá jen pár druhů generalátů. Pokud jsou přítomny druhy poskytující opylení v různém období a v dostatečném množství, mohou i při nižší diverzitě poskytnout dostatečnou službu opylení. Některé včelí druhy mohou být v antropických oblastech dokonce zvýhodněny.

7 Literární zdroje

Abbott VA, Nadeau JL, Higo HA, Winston ML (2008) Lethal and sublethal effects of imidacloprid on *Osmia lignaria* and clothianidin on *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae). *J Econ Entomol* 101:784–796

Aizen MA, Harder LD. 2009 The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. *Curr. Biol.* 19, 915–918.

Alarco'n AL, Ca'novas M, Senn R, Correia R (2005) The safety of thiamethoxam to pollinating bumble bees (*Bombus terrestris* L.) when applied to tomato plants through drip irrigation. *Commun Agric Appl Biol Sci Ghent Univ* 70:569–579

Albrecht, M., Duelli, P., Schmid, B., Müller, C.B., 2007. Interaction diversity within quantified insect food webs in restored and adjacent intensively managed farmland. *J. Anim. Ecol.* 76, 1015–1025.

Aliouane Y, Adessalam K, El Hassani AK, Gary V, Armengaud C, Lambin M, Gauthier M (2009) Subchronic exposure of honeybees to sublethal doses of pesticides: effect on behavior. *Environ Toxicol Chem* 28:113–122

Alux C., Brunet J-L., Dussaubat C., Mondet F., Tchamitchan S., Cousin M., Brillard J., Baldy A., Belzunces L.P., Conte Y., 2010.- Interactions between *Nosema* microspores and a nonicotinoid teak honeybees (*Apis mellifera*); *Environmental Microbiology* 12(3), 774 – 782.

Angold P.G Angold PG¹, Sadler JP, Hill MO, Pullin A, Rushton S, Austin K, Small E, Wood B, Wadsworth R, Sanderson R, Thompson K.. 2006 Biodiversity in urban habitatpatches. *Sci. Total Environ.* 360, 196–204.

ARTZ DEREK R., ALLAN MATTHEW J., WARDELL GORDON I.,PITTS-SINGER THERESA L., 2013, Nesting site density and distribution affect *Osmialignaria* (Hymenoptera: Megachilidae) reproductive success and almond yield in a commercial orchard. *Insect Conservation and Diversity* 6, 715–724

Armengaud C, Causse N, Ait-Oubah J et al (2000) Functional cytochrome oxidase histochemistry in the honeybee brain. *Brain Res* 859:390–393

M., Augenstein, I., Aviron, S., Bailey, D., Bukacek, R., Dieko'tter, T., Dirksen, J., Herzog, F., Liira, J., Roubalova, M., Vandomme, V., Bugter, R., 2007. How landscape structure, land use intensity and habitat diversity affect components of arthropod diversity in agricultural landscapes. *J. Appl. Ecol.* 44, 340–351.

Bacandritsos N., Granato A., Budge G., Papanastasiou I., Roinioti E., Caldon M., Falcaro C., Gallina A., Mutinelli F., Sudden deaths and colony population decline in Greek honey bee colonies. *Journal of Invertebrate Pathology* 105 (2010) 335–340

BALAYIANNIS G., BALAYIANNIS P., 2008.- Bee honey as an environmental bioindicator of pesticides' occurrence in six agricultural areas of Greece.- *Archives of Environmental Contamination and Toxicology*, 55: 462-470.

- Baldock K. C. R., Goddard M. A., Hicks D. M., Kunin W. E., Mitschunas N., Osgathorpe L. M., Potts S.G., Robertson K. M., Scott A. N., Stone G. N., Vaughan I. P., Memmott J. 2015. Where is the UK's pollinator biodiversity? The importance of urban areas for flower-visiting insects. - The Royal Society Publishing B -282, 20142849
- Banaszak-Cibicka Z. 2012 Wild bees along an urban gradient: winners and losers. *J. Insect Conserv.* 16, 16 331–16 343.
- Bartomeus I, Ascher JS, Gibbs J, Danforth BN, Wagner DL, Hedtke SM, Winfree R. 2013 Historical changes in northeastern US bee pollinators related to shared ecological traits. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 110, 4656–4660.
- Bartomeus I, Winfree R. 2013. Pollinator declines: reconciling scales and implications for ecosystem services. *Frontiers in Ecology and the Environment* 11:2–4
- Beddington J. 2010 Food security: contributions from science to a new and greener revolution. *Philos. Trans. R. Soc. B* 365, 61–71.
- Bernal J, Garrido-Bailon E, del Nozal MJ, Gonzalez-Porto AV, Martin-Hernandez R, Diego JC, Jimenez JJ, Bernal JL, Higes M (2010) Overview of pesticide residues in stored pollen and their potential effect on bee colony (*Apis mellifera*) losses in Spain. *J Econ Entomol* 103:1964–1971
- Bernal J, Garrido-Bailon E, del Nozal MJ, Gonzalez-Porto AV, Martin-Hernandez R, Diego JC, Jimenez JJ, Bernal JL, Higes M (2010) Overview of pesticide residues in stored pollen and their potential effect on bee colony (*Apis mellifera*) losses in Spain. *J Econ Entomol* 103:1964–1971
- Biesmeijer, J.C., Roberts, S.P., Reemer, M., Ohlemuller, R., Edwards, M., Peeters, T., *et al.* (2006) Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science* 313: 351–354.
- Biesmeijer, J.C., Roberts, S.P.M., Reemer, M., Ohlemuller, R., Edwards, M., Peeters, T., Schaffers, A.P., Potts, S.G., Kleukers, R., Thomas, C.D., Settele, J., Kunin, W.E., 2006. Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science* 313, 351–354.
- Bjorkman T. 1995. Role of honey bees (Hymenoptera: Apidae) in the pollination of buckwheat in Eastern North America. *Journal of Economic Entomology* 88(6):1739–1745.
- Blacquiere Tjeerd, Smagghe Guy, Gestel Cornelis A. M., Mommaerts Veerle. Neonicotinoids in bees: a review on concentrations, side-effects and risk assessment. *Ecotoxicology* (2012) 21:973–992.
- Bommarco R, Lundin O, Smith HG, Rundlof M. 2011. Drastic historic shifts in bumble-bee community composition in Sweden. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 279(1727):309–315.

- Bortolotti L, Montanari R, Marcelino J et al (2003) Effects of sublethal imidacloprid doses on the homing rate and foraging activity of honey bees. *Bull Insectol* 56:63–67.
- Brittain C, Kremen C, Klein AM. 2012. Biodiversity buffers pollination from changes in environmental conditions. *Global Change Biology* 19(2):540–547.
- Brunet JL, Badiou A, Belzunces LP (2005) In vivo metabolic fate of [C-14]-acetamiprid in six biological compartments of the honeybee, *Apis mellifera* L. *Pest Manag Sci* 61:742–748.
- Brussaard L, Caron P, Campbell B, Lipper L, Mainka S, Rabbinge R, Babin D, Pulleman M. 2010 Reconciling biodiversity conservation and food security: scientific challenges for a new agriculture. *Curr. Opin. Environ. Sust.* 2, 34–42.
- Cane, J. H. and V. J. Tepedino. 2001. Causes and extent of declines among native North American invertebrate pollinators: detection, evidence, and consequences. *Conserv. Ecol.* 5: 1.
- Cariveau DP, Williams NM, Benjamin FE, Winfree R. 2013. Response diversity to land use occurs but does not consistently stabilise ecosystem services provided by native pollinators. *Ecology Letters* 16(7):903–911
- Carré Gabriel, Roche Philip, Chifflet Rémy, Morison Nicholas, Bommarco Riccardo, Harrison-Cripps Jeen, Krewenka Kristin, Potts Simon G, Roberts Stuart P.M., Rodet Guy, Josef Settele Josef, Steffan-Dewenter Ingolf, Szentgyorgyi Hajnalka, Tscheulin Thomas, Westphal Catrin, Woyciechowski Michal, Vaissière Bernard E.. Landscape context and habitat type as drivers of bee diversity in European annual crops. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 133 (2009) 40–47.
- Carvalho LG, Veldtman R, Shenkute AG, Tesfay GB, Pirk CWW, Donaldson JS, Nicolson SW. 2011 Natural and within-farmland biodiversity enhances crop productivity. *Ecol. Lett.* 14, 251–259.
- Chapin, F.S., Zavaleta, E.S., Eviner, V.T., Naylor, R.L., Vitousek, P.M., Reynolds, H.L., Hooper, D.U., Lavorel, S., Sala, O.E., Hobbie, S.E., Mack, M.C., Di'az, S., 2000. Consequences of changing biodiversity. *Nature* 405, 234–242.
- Claudio Porrini, Emillio Caprio, Donato Tesoriero, Gennaro Di Prisco. 2014, Using honey bee as bioindicator of chemicals in Campain agroecosystem (South Italy). *Bulletin of insect* 67 (1): 137 – 146.
- Claire Brittain^{1,2}, Neal Williams², Claire Kremen³ and Alexandra-Maria Klein¹. 2013., Synergistic effects of non-*Apis* bees and honey bees for pollination services. *Proceeding of the Royal society*: 280.
- Colin ME, Bonmatin JM, Moineau I, Gaimon C, Brun S, Vermandere JP (2004) A method to quantify and analyze the foraging activity of honey bees: relevance to the sublethal effects induced by systemic insecticides. *Arch Environ Contam Toxicol* 47:387–395.

- Colin ME, Le Conte Y, Vermandere JP (2001) Managing nuclei in insect-proof tunnel as an observation tool for foraging bees: sublethal effects of deltamethrin and imidacloprid. In: Belzunces LP, Pe'lissier C, Lewis GB (eds) Hazards of pesticides to bees. INRA, Paris, pp 259–268.
- Cooper, E.L., 2007. Colony collapse disorder may affect complementary and alternative medicine. *eCAM* 2007 4 (3), 275–277.
- Cox-Foster, D.L., Conlan, S., Holmes, E.C., Palacios, G., Evans, J.D., Moran, N.A., *et al.* (2007) A metagenomic survey of microbes in honey bee colony collapse disorder. *Science* 318: 283–287.
- Crane E. 1984 – Bees, honey and pollen as indicator of metals in the environmental. *Bee World*, 65: 47- 49.
- Cresswell JE (2011) A meta-analysis of experiments testing the effects of neonicotinoid insecticide (imidacloprid) on honey bees. *Ecotoxicology* 20:149–157.
- Cutler GC, Scott-Dupree CD (2007) Exposure to clothianidin seedtreated canola has no long-term impact on honey bees. *J Econ Entomol* 100:765–772.
- Decourtye A, Devillers J (2010) Ecotoxicity of neonicotinoid insecticides to bees. In: Thany SH (ed) *Insect nicotinic acetylcholine receptors*, 1st edn. Springer, New York, pp 85–95.
- Decourtye A, Lacassie E, Pham-Delegue MH (2003) Learning performances of honeybees (*Apis mellifera* L.) are differentially affected by imidacloprid according to the season. *Pest Manag Sci* 59:269–278.
- Decourtye A, Armengaud C, Renou M, Devillers J, Cluzeau S, Gauthier M, Pham-Dele`gue M-H (2004) Imidacloprid impairs memory and brain metabolism in the honeybee (*Apis mellifera* L.). *Pest Biochem Physiol* 78:83–92.
- Decourtye A, Devillers J, Genecque E, Le Menach K, Budzinski H, Cluzeau S, Pham-Dele`gue MH (2005) Comparative sublethal toxicity of nine pesticides on olfactory learning performances of the honeybee *Apis mellifera*. *Arch Environ Contam Toxicol* 48:242–250.
- Decourtye A, Mader E, Desneux N (2010) Landscape enhancement of floral resources for honey bees in agro-ecosystems. *Apidologie* 41:264–277.
- Deguines N, Julliard R, de Flores M, Fontaine C. 2012 The whereabouts of flower visitors: contrasting land-use preferences revealed by a country-wide survey based on citizen science. *PLoS ONE* 7.
- Desneux N, Decourtye A, Delpuech JM (2007) The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu Rev Entomol* 52:81–106.
- Delaphane, K.S., Mayer, D.R., 2000. *Crop Pollination by Bees*. Washington State University, Cabi Publishing, USA. 352 pp.

Di Prisco, G.; Cavaliere, V.; Annoscia, D.; Varricchio, P.; Caprio, E.; Nazzi, F.; Gargiulo, G.; Pennacchio, F. (2013). "Neonicotinoid clothianidin adversely affects insect immunity and promotes replication of a viral pathogen in honey bees". *Proceedings of the National Academy of Sciences*.

Doležalová K., Straka J. Pelonoska hluchavková – sociální chování samotářské včely. *Živa*. Praha: Divize Nakladatelství Academia, 2011(1), 30-31.

Elbert, A., B. Beckert, J. Hartwig, and C. Erdelen. 1991. Imidacloprid-a new systemic insecticide. *Pflanzenschutz-Nachr Bayer* 44: 113-136.

El Hassani AK, Dacher M, Gauthier M, Armengaud C (2005) Effects of sublethal doses of fipronil on the behavior of the honeybee (*Apis mellifera*). *Pharmacol Biochem Behav* 82:30–39.

El Hassani AK, Dacher M, Garry V, Lambin M, Gauthier M, Armengaud C (2008) Effects of sublethal doses of acetamiprid and thiamethoxam on the behavior of the honeybee (*Apis mellifera*). *Arch Environ Contam Toxicol* 54:653–661.

Eltz T. 2006 Tracing pollinator footprints on natural flowers. *J. Chem. Ecol.* 32, 907–915.

EPPO (2001) Standards PP1/170. Test methods for evaluating the side effects of plant protection products on honeybees.

Faucon, J.P., Mathieu, L., Ribiere, M., Martel, A.C., Drajnudel, P., Zeggane, S., *et al.* (2002) Honey bee winter mortality in France in 1999 and 2000. *Bee World* 83: 13–23.

Faucon J-P, Aurie`res C, Drajnudel P, Mathieu L, Ribie`re M, Martel A-C, Zeggane S, Chauzat M-P, Aubert MFA (2005) Experimental study on the toxicity of imidacloprid given in syrup to honey bee (*Apis mellifera*) colonies. *Pest Manag Sci* 61:111–125.

Frazier, M., Mullin, C., Frazier, J., and Ashcraft, S. (2008) What have pesticides got to do with it? *Am Bee J* 148: 521–523.

Foley JA et al. 2011 Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478, 337–342.

Fontaine, C., Dajoz, I., Meriguet, J., Loreau, M., 2006. Functional diversity of plant–pollinator interaction webs enhances the persistence of plant communities. *PLoS* 4, 1–7.

Gallai, N., Salles, J.-M., Settele, J. & Vaissi_ere, B.E. (2009) Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological Economics*, 68, 810–821.

Garibaldi LA, Steffan-Dewenter I, Kremen C, Morales JM, Bommarco R, Cunningham SA, Carvalho LG, Chacoff NP, Dudenhoffer JH, Greenleaf SS, Holzschuh A, Isaacs R, Krewenka K, Mandelik Y, Mayfield M, Morandin LA, Potts SG, Ricketts TH, Szentgyörgyi H, Viana BF, Westphal C, Winfree R, Klein AM.

2011. Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology Letters* 14(10):1062–1072.

Garibaldi LA, Steffan-Dewenter I, Winfree R, Aizen MA, Bommarco R, Cunningham SA, Kremen C, Carvalheiro LG, Harder LD, Afik O, Bartomeus I, Benjamin F, Boreux V, Cariveau D, Chacoff NP, Dudenhöffer JH, Freitas BM, Ghazoul J, Greenleaf S, Hipólito J, Holzschuh A, Howlett B, Isaacs R, Javorek SK, Kennedy CM, Krewenka KM, Krishnan S, Mandelik Y, Mayfield MM, Motzke I, Munyuli T, Nault BA, Otieno M, Petersen J, Pisanty G, Potts SG, Rader R, Ricketts TH, Rundlöf M, Seymour CL, Schüepp C, Szentgyörgyi H, Taki H, Tscharrntke T, Vergara CH, Viana BF, Wanger TC, Westphal C, Williams N, Klein AM. 2013. Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*. 339(6127):1608–1611.

Garratt MPD, Breeze T, Jenner N, Polce C, Biesmeijer JC, Potts SG. 2013. Avoiding a bad apple: insect pollination enhances fruit quality and economic value. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 184:4–40.

Genersch E, von der Ohe W, Kaatz H, Schroeder A, Otten C, Büchler R, Berg S, Ritter W, Mühlen W, Gisder S, Meixner M, Liebig G, Rosenkranz P (2010) The German bee monitoring project: a long term study to understand periodically high winter losses of honeybee colonies. *Apidologie* 41:332–352.

Geslin B, Gauzens B, Thebault E, Dajoz I. 2013 Plant-pollinator networks along a gradient of urbanisation. *PLoS ONE* 8, e63421.

Girolami V, Mazzon L, Squartini A, Mori N, Marzaro M, Di Bernardo A, Greatti M, Giorio C, Tapparo A (2009) Translocation of neonicotinoid insecticides from coated seeds to seedling guttation drops: a novel way of intoxication for bees. *J Econ Entomol* 102:1808–1815.

Girolami V, Marzaro M, Vivian L, Mazzon L, Greatti M, Giorio C, Marton D, Tapparo A (2011) Fatal powdering of bees in flight with particulates of neonicotinoids seed coating and humidity implication. *J Appl Entomol*.

Ghazoul, J., 2005. Buzziness as usual? Questioning the global pollination crisis. *Trends Ecol. Evol.* 20, 367–373.

Greenleaf SS, Kremen C. 2006. Wild bee species increase tomato production but respond differently to surrounding land use in Northern California. *Biological Conservation* 133:81–87.

Greenleaf SS, Kremen C. 2006 Wild bees enhance honey bees' pollination of hybrid sunflower. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 103, 13 890–13 895.

Gregorc A, Ellis JD (2011) Cell death localization in situ in laboratory reared honey bee (*Apis mellifera* L.) larvae treated with pesticides. *Pest Biochem Physiol* 99:200–207.

González-Varo JP, Biesmeijer JC, Bommarco R, Potts SG, Schweiger O, Smith HG, Steffan-Dewenter I, Szentgyörgyi H, Woyciechowski M, Vilà M. 2013 Combined

effects of global change pressures on animal-mediated pollination. *Trends Ecol. Evol.* 28, 524–530.

Gomez-Eyles JL, Svendsen C, Lister L, Martin H, Hodson ME, Spurgeon D (2009) Measuring and modelling mixture toxicity of imidacloprid and thiacloprid on *Caenorhabditis elegans* and *Eisenia fetida*. *Ecotoxicol Environ Saf* 72:71–79.

Goulson D, Lye GC, Darvill B. 2008 Decline and conservation of bumble bees. *Annu. Rev. Entomol.* 53, 191–208.

Guez D, Belzunces LP, Maleszka R (2003) Effects of imidacloprid metabolites on habituation in honeybees suggest the existence of two subtypes of nicotinic receptors differentially expressed during adult development. *Pharmacol Biochem Behav* 75:217–222.

Halm MP, Rortais A, Arnold G, Tasei JN, Rault S (2006) New risk assessment approach for systemic insecticides: the case of honey bees and imidacloprid (Gaucho). *Environ Sci Technol* 40:2448–2454.

Hendrickx, F., Maelfait, J.P., van Wingerden, W., Schweiger, O., Billeter, R., Speelmans, Higes, M., Martín-Hernández, R., Garrido Bailón, E., González-Porto, A.V., Garcia-Palencia, P., Meana, A., *et al.* (2009) Honeybee colony collapse due to *Nosemaceranae* in professional apiaries. *Environ Microbiol* 1: 110– 113.

Herrmann, F., Westphal, C., Moritz, R.F.A., Steffan-Dewenter, I., 2007. Genetic diversity and mass resources promote colony size and forager densities of a social bee (*Bombus pascuorum*) in agricultural landscapes. *Mol. Ecol.* 16, 1167– 1178.

Hoehn P, Tschardt T, Tylianakis JM, Steffan- Dewenter I. 2008 Functional group diversity of bee pollinators increases crop yield. *Proc. R. Soc. B* 275, 2283–2291.

Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., Kleijn, D., Tschardt, T., 2007. Diversity of flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. *J. Appl. Ecol.* 44, 41–49.

Horak J, Peltanova A, Podavkova A, Safarovad L, Bogusch P, Romportl D, Zasadil P. Biodiversity responses to land use in traditional fruit orchards of arural agricultural landscape. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 178 (2013) 71– 77.

Ings T.C, Raine N.E, Chitka L., Is commercial trade in bumble beepollinators threatening the diversity of of *Bombus terrestris*? IBRA International Conference, Mikkkeli, Finland, 2007 .

Isaacs R, Javorek SK, Jha S, Klein AM, Krewenka K, Mandelik Y, Mayfield MM, Morandin L, Neame LA, Otieno M, Park M, Potts SG, Rundlöf M, Saez A, Steffan-Dewenter I, Taki H, Viana BF, Westphal C, Wilson JK, Greenleaf SS, Kremen C. 2013. A global quantitative synthesis of local and landscape effects on wild bee pollinators in agroecosystems. *Ecology Letters* 16(5):584–599.

- Iwasa T, Motoyama N, Ambrose JT, Roe MR (2004) Mechanism for the differential toxicity of neonicotinoid insecticides in the honey bee, *Apis mellifera*. *Crop Prot* 23:371–378.
- Jandt JM, Dornhaus A (2009) Spatial organization and division of labour in the bumblebee *Bombus impatiens*. *Anim Behav* 77: 641–651.
- Jones E.L., Leather S.R. 2012 Invertebrates in urban areas: a review. *Eur. J. Entomol.* 109, 463–478.
- Johanson R.M., Ellis M.D., Mullin Ch.A., Frazier M. 2010.- Pesticides and honey bee toxicity – USA. *Apidologie* 41: 312 – 331.
- Kennedy CM, Lonsdorf E, Neel MC, Williams NM, Ricketts TH, Winfree R, Bommarco R, Brittain C, Burley AL, Cariveau D, Carvalheiro LG, Chacoff NP, Cunningham SA, Danforth BN, Dudenhöffer J-H, Elle E, Gaines HR, Garibaldi LA, Gratton C, Holzschuh A, Klatt BK, Holzschuh A, Westphal C, Clough Y, Smit I, Pawelzik E, Tschardt T. 2014. Beepollination improves crop quality, shelf life and commercial value. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences* 281(1775):2440.
- Key P, Chung K, Siewicki T, Fulton M (2007) Toxicity of free pesticides individually and in mixture to larval grass shrimp (*Palaemonetes pugio*). *Ecotoxicol Environ Saf* 68:272–277.
- Kivinen, S., Luoto, M., Kuussaari, M., Helenius, J., 2006. Multi-species richness of boreal agricultural landscapes: effects of climate, biotope, soil and geographical location. *J. Biogeogr.* 33, 862–875.
- Klein, A.M., Steffan-Dewenter, I., Tschardt, T., 2002. Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proc. Roy. Soc. B* 270, 955–962.
- Klein, A.M., Vaissière, B.E., Cane, J.H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Tschardt, T., 2007. Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proc. Roy. Soc. B* 274, 303–313.
- Klein AM, Brittain C, Hendrix SD, Thorp R, Williams N, Kremen C. 2012 Wild pollination services to California almond rely on semi-natural habitat. *J. Appl. Ecol.* 49, 723–732.
- Kopke U, Nemecek T. 2010. Ecological services of faba bean. *Field Crops Research* 115(3):217–233.
- Kremen, C., Williams, N.M., Thorp, R.W., 2002. Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *PNAS* 99, 16812–16816.
- Kremen, C., Williams, N.M., Aizen, M.A., Gemmill-Herren, B., LeBuhn, G., Minckley, R., Packer, L., Potts, S.G., Roulston, T., Steffan-Dewenter, I., Vazquez, D.P., Winfree, R., Adams, L., Crone, E.E., Greenleaf, S.S., Keitt, T.H., Klein, A.M., Regetz, J., Ricketts, T.H., 2007. Pollination and other ecosystem services produced

by mobile organisms: a conceptual framework for the effects of land-use change. *Ecol. Lett.* 10, 299–314.

Krieg P., Hofbauer J., Komzáková O. Čmeláci a jejich podpora v zemědělské krajině. Výzkumný ústav včelařský Dol, 2009, 80 s.

Kruess, A., Tscharntke, T., 1994. Habitat fragmentation, species loss, and biological control. *Science* 264, 1581–1584.

Kwak MM, Velterop O, van Andel J (1998) Pollen and gene flow in fragmented habitats. *Appl Veg Sci* 1:37–54.

Lambin M, Armengaud C, Raymond S, Gauthier M (2001) Imidacloprid-induced facilitation of the proboscis extension reflex habituation in the honeybee. *Arch Insect Biochem Physiol* 48:129–134.

Laurino D, Porporato M, Patetta A, Manino A (2011) Toxicity of neonicotinoid insecticides to honey bees laboratory tests. *Bull Insectol* 64:107–113.

Loreau, M., Naeem, S., Inchausti, P., Bengtsson, J., Grime, J.P., Hector, A., Hooper, D.U., Huston, M.A., Raffaelli, D., Schmid, B., Tilman, D., Wardle, D.A., 2001. Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges. *Science* 294, 804–808.

Macek J. Blanokřídli České republiky. Praha: Academia, 2010. Atlas (Academia). ISBN 978-80-200-1890-8.

Macek J., 2001. Svět zvířat. Bezobratlí 2. Albatros, Praha, 170 s.

Marzaro M, Vivian L, Targa A, Mazzon L, Mori N, Greatti M, Toffolo EP, Di Bernardo A, Giorio C, Marton D, Tapparo A, Girolami V (2011) Lethal aerial powdering of honey bees with neonicotinoids from fragments of maize seed coat. *Bull Insectol* 64:119–126.

Matheson, A., S. I. Buchmann, C. O'Toole, P. Westrich, and I. H. Williams. 1996. The conservation of bees. Academic, Harcourt Brace, London, United Kingdom.

May J., Čmeláci v ČSR, jejich bionomie, chov a hospodářský význam. SZN Praha, 1959, 170 s.

Maus C, Cure' G, Schmuck R (2003) Safety of imidacloprid seed dressings to honey bees: a comprehensive overview and compilation of the current state of knowledge. *Bull Insectol* 56:51–57.

Maheshwari, J.K., 2003. Endangered Pollinators, *Environews* January 2003. <http://isebindia.com/01_04/03-01-3.html> (přístup 19.10 2016).

McIntyre NE, Rango J, Fagan WF, Faeth SH. 2001 Ground arthropod community structure in a heterogeneous urban environment. *Landscape Urban Plan.* 52, 257–274.

Mommaerts Veerle, Reynders Sofie, Boulet Jana, Besard Linde, Sterk Guido, Smagghe Guy. Risk assessment for side-effects of neonicotinoids against

- bumblebees with and without impairing foraging behavior. *Ecotoxicology* (2010) 19:207–215.
- Mommaerts V, Smaghe G (2011) Side-effects of pesticides on the pollinator *Bombus*: an overview. In: Stoytcheva M (ed) *Pesticides of the modern world*. InTech, Rijeka, pp 507–552.
- Mullin CA, Frazier M, Frazier JL, Ashcraft S, Simonds R, VanEngelsdorp D, Pettis JS (2010) High levels of miticides and agrochemicals in North American apiaries: implications for honey bee health. *PLoS ONE* 5:e9754
- Mutinelli, F., Granato, A., 2007. La sindrome del collasso della colonia (Colony Collapse Disorder) negli USA. Un aggiornamento sulla situazione attuale. *Apoidea* 4, 175–187.
- Nauen R, Ebbinghaus-Kintscher U, Schmuck R (2001) Toxicity and nicotinic acetylcholine receptor interaction of imidacloprid and its metabolites in *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae). *Pest Manag Sci* 57:577–586.
- Neumann P, Carreck NL (2010) Honey bee colony loss. *J Apic Res* 49(special issue):1–6.
- Nguyen BK, Saegerman C, Pirard C, Mignon J, Widart J, Tuirionet B, Verheggen FJ, Berkvens D, De Pauw E, Haubruge E (2009) Does imidacloprid seed-treated maize have an impact on honey bee mortality? *J Econ Entomol* 102:616–623.
- Oldroyd, B., 2007. What's killing American honey bees? *PLoS Biol.* 5 (6), e168.
- Schmuck, R., Shöning, R., Stork, A., Schramel, O., 2001. Risk posed to honey bees (*Apis mellifera* L, Hymenoptera) by an imidacloprid seed dressing of sunflowers. *Pest Manag. Sci.* 57 (3), 225–238.
- O'Toole, C. 1993. Diversity of native bees and agroecosystems, pp. 169 -196. In J. LaSalle and I. D. Gould [eds.], *Hymenoptera and biodiversity*. Center for Agriculture and Biosciences (CAB) International, Wallingford, England.
- Owen J. 2010 *Wildlife of a garden: a thirty-year study*. London, UK: Royal Horticultural Society.
- Pavelka M. a Smetana V., *Čmeláci*. 2. vyd. Valašské Meziříčí: ZO ČSOP, 2003, 105 s.
- Perfecto I, Vandermeer J. 2010 The agroecological matrix as alternative to the land-sparing/agriculture intensification model. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 107, 5786–5791.
- Phalan B, Onial M, Balmford A, Green RE. 2011 Reconciling food production and biodiversity conservation: land sharing and land sparing compared. *Science* 333, 1289–1291.
- PORRINI C., GHINI S., GIROTTI S., SABATINI A. G., GATTAVECCHIA E., CELLI G., 2002.- Use of honey bees as bioindicators of environmental pollution in

Italy.- In: Honey Bees: Estimating the Environmental Impact of Chemicals, (DEVILLERS J., PHAM-DELÈGUE M., Eds), Taylor & Francis, London and New York, 186-247.

PORRINI Claudi ,CAPRIO Emilio ,TESORIERO Donato , DI PRISCO Gennaro. Using honey bee as bioindicator of chemicals in Campanian agroecosystems (South Italy). *Bulletin of Insectology* 67 (1): 137-146, 2014.

Pouvreau, A., Loublier, Y., 1995. Observations sur la biologie de *Dasygaster hirtipes* (F., 1793) (Hymenoptera: Apoidea: Melittidae). *Ann. Soc. Entomol. Fr.* 31, 237–248.

Přidal A. (2003) *Včelí produkty*. Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2003. 102 s. ISBN 80-7157-717-0.

Ptáček V. Chov čmeláků v laboratoři. *Tribun EU*, 2008, 175 s.

Rader R, Reilly J, Bartomeus I, Winfree R. 2013. Native bees buffer the negative impact of climate warming on honey bee pollination of watermelon crops. *Global Change Biology* 19(10):3103–3110.

Ramirez-Romero R, Chaufaux J, Pham-Delegue MH (2005) Effects of Cry1Ab protoxin, deltamethrin and imidacloprid on the foraging activity and the learning performances of the honeybee *Apis mellifera*, a comparative approach. *Apidologie* 36:601–611.

Ricketts, T.H., Regetz, J., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S.A., Kremen, C., Bogdanski, A., *et al.* (2008) Landscape effects on crop pollination services: are there general patterns? *Ecol Lett* 11: 499–515.

Rortais A, Arnold G, Halm MP, Touffet-Briens F (2005) Modes of honeybees exposure to systemic insecticides: estimated amounts of contaminated pollen and nectar consumed by different categories of bees. *Apidologie* 36:71–83.

Ruijter A., Richards K.W. (1997) – Commercial bumblebee rearing and its implications. Proceedings of the 7th International Symposium on Pollination, Lethbridge, Alberta, Canada, 23-28 June 1996. 261-269.

Scott-Dupree CD, Conroy L, Harris CR (2009) Impact of currently used or potentially useful insecticides for canola agroecosystems on *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apidae), *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae), and *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae). *J Econ Entomol* 102:177–182.

Schmidt, M.H., Thies, C., Nentwig, W., Tschamntke, T., 2008. Contrasting responses of arable spiders to the landscape matrix at different spatial scales. *J. Biogeogr.* 35, 157–166.

Shuler, R.E., Roulston, T.H., Farris, G.E., 2005. Farming practices influence wild pollinator populations on Squash and Pumpkin. *J. Econ. Entomol.* 98, 790–795.

SCHMIDT DI FRIEDBERG P., 1986.- Gli indicatori ambientali, valori, metri e strumenti nello studio dell'impatto ambientale.- Franco Angeli, Milano, Italy.

- Schmuck, R., R. Schoning, A. Stork, and O. Schramel. 2001. Risk posed to honeybees (*Apis mellifera*: Hymenoptera) by an imidacloprid seed dressing of sunflowers. *PestManag. Sci.* 57: 225-238.
- Sharpe, J.R., Heyden, L.C., 2009. Honey bee colony collapse disorder is possibly caused by a dietary pyrethrum deficiency. *Biosci. Hypotheses* 2 (6), 439–440.
- Spivak M., Mader E., Vaughan M., Euliss N. H. (2011). The Plight of the Bees. *Environmental Science & Technology*, 45: 34-38.
- Stanley DA, Gunning D, Stout JC. 2013. Pollinators and pollination of oilseed rape crops (*Brassica napus* L.) in Ireland: ecological and economic incentives for pollinator conservation. *Journal of Insect Conservation* 17:1181–1189.
- Stark JD, Jepson PC, Mayer DF (1995) Limitation to the use of topical toxicity data for prediction of pesticide side-effect in the field. *J Econ Entomol* 88:1081–1088.
- Stokstad, E. (2007) Entomology. The case of the empty hives. *Science* 316: 970–972.
- Steffan-Dewenter, I., Tschardtke, T., 1999. Effects of habitat isolation on pollinator communities and seed set. *Oecologia* 121, 432–440.
- Steffan-Dewenter, I., Munzenberg, U., Burger, C., Thies, C., Tschardtke, T., 2002. Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. *Ecology* 83, 1421–1432.
- Steffan-Dewenter, I., 2003. Importance of habitat area and landscape context for species richness of bees and wasps in fragmented orchard meadows. *Conserv. Biol.* 17, 1036–1044.
- Stout JC, Goulson D. 2001 The use of conspecific and interspecific scent marks by foraging bumblebees and honeybees. *Anim. Behav.* 62, 183–189.
- Stoate C, Boatman ND, Borralho RJ, Carvalho CR, de Snoo GR, Eden P. 2001 Ecological impacts of arable intensification in Europe. *J. Environ. Manag.* 63, 337–365.
- Stokstad, E., 2007. The case of the empty hives. *Science* 316, 970–972.
- Straka J., Bogusch P., Přidal A. Apoidea: Apiformes (včely) [online]. Praha: Library, Department of Entomology, National Museum, 2007, 241-299 [cit. 2016-11-29]. ISSN 0231-8571. http://www.aemnp.eu/PDF/47_s/47_s_241.pdf.
- Suchail S, Guez D, Belzunces LP (2000) Characteristics of imidacloprid toxicity in two *Apis mellifera* subspecies. *Environ Toxicol Chem* 19:1901–1905.
- Suchail S, Guez D, Belzunces LP (2001) Discrepancy between acute and chronic toxicity induced by imidacloprid and its metabolites in *Apis mellifera*. *Environ Toxicol Chem* 20:2482–2486.
- Suchail S, De Sousa G, Rahmani R, Belzunces LP (2004) In vivo distribution and metabolism of C-14-imidacloprid in different compartments of *Apis mellifera* L. *Pest Manag Sci* 60:1056–1062.

- Tapparo A, Giorio C, Marzaro M, Marton D, Solda` L, Girolami V(2011) Rapid analysis of neonicotinoid insecticides in guttationdrops of corn seedlings obtained from coated seeds. *J EnvironMonit* 13:1564–1568.
- Tasei JN, Lerin J, Ripault G (2000) Sublethal effects of imidacloprid on bumblebees, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae), during a laboratory feeding test. *Pest Manag Sci* 56:784–788.
- Tasei JN, Ripault G, Rivault E (2001) Hazards of imidacloprid seed coating to *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidea) hen applied to sunflower. *J Econ Entomol* 94:623–627.
- Thompson HM (2010) Risk assessment for honey bees and pesticides: recent developments and ‘new issues’. *Pest Manag Sci* 66: 1157–1162.
- Thompson HM, Maus C (2007) The relevance of sublethal effects in honey bee testing for pesticide risk assessment. *Pest Manag Sci* 63:1058–1061.
- Thompson H (2003) Behavioural effects of pesticides in bees—their potential for use in risk assessment. *Ecotoxicology* 12:317–330.
- Vandame R, Meled M, Colin ME et al (1995) Alteration of the homing flight in the honey bee *Apis mellifera* L. exposed to sublethal dose of deltamethrin. *Environ Toxicol Chem* 14:855–860.
- Van der Steen JM (2001) Review of the methods to determine the hazard and toxicity of pesticides to bumblebees. *Apidologie* 32:399–406.
- Vanbergen A.J. 2013 Threats to an ecosystem service: pressures on pollinators. *Front. Ecol. Environ.* 11, 251–259.
- Velthuis, H.H.W., van Doorn, A., 2006. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie* 37, 421–451.
- Veselý a kol. 1985, Včelařství, Státní zemědělské nakladatelství Praha. 368 s. ISBN 07-056-85
- Vicens N, Bosch J. 2000 Weather-dependent pollinator activity in an apple orchard, with special reference to *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae and Apidae). *Environ. Entomol.* 29, 413–420.
- Vidau C, Diogon M, Aufauvre J, Fontbonne R, Vigue`s B, Brunet J-L, Texier C, Biron DG, Blot N, Alaoui HE, Belzunces LP, Delbac F (2011) Exposure to sublethal doses of fipronil and thiacloprid highly increases mortality of honeybees previously infected by *Nosema ceranae*. *PLoS ONE* 6:e21550
- VanEngelsdorp, D., Meixner, M.D., 2010. A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *J. Invertebr. Pathol.* 103, s80–s95.

Waller, G. D., B. J. Erickson, J. Harvey, and J. H. Martin. 1984. Effects of dimethoate on honey bees (Hymenoptera:Apidae) when applied to flowering lemons. *J. Econ.Entomol.* 77: 70-74.

Wehling M, Von der Ohe W, Brasse D, Forster R (2009) Colony losses-interactions of plant protection products and other factors. *Julius Kuhn Arch* 423:153–154.

Westphal, C., Steffan-Dewenter, I., Tschardtke, T., 2003. Mass flowering crops enhance pollinator densities at a landscape scale. *Ecol. Lett.* 6, 961–965.

Westrich, P., 1996. *Habitat Requirements of Central European Bees and the Problems of Partial Habitats.* Academic Press, London UK.

Williams IH (1994) The dependence of crop production within the European Union on pollination by honey bees. *Agric Zool Rev* 6:229–257.

Winfrey, R., Griswold, T., Kremen, C., 2007. Effect of human disturbance on beecommunities in a forested ecosystem. *Conserv. Biol.* 21, 213–223.

Wu JY, Aneli CM, Sheppard WS (2001) Sublethal effects of pesticide residues in brood clomb on worker honey bee (*Apis mellifera*) development and longevity. *PLoS ONE* 6:e14720.

Yang EC, Chuang YC, Cheng YL et al (2008) Abnormal foraging behavior induced by sublethal dosage of imidacloprid in the honey bee (Hymenoptera: Apidae). *J Econ Entomol* 101:1743– 1748.

Zebrowska J. 1998. Influence of pollination modes on yield components in strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch). *Plant Breeding* 117:255–260.

Zurbuchen A., Cheesman S., Klaiber J., Müller A., Hein S., Dorn S. Long foraging distances impose high costs on offspring production in solitary bees. *Journal of Animal Ecology* . 2010, 79, 674-681

Internetové zdroje

Katalog přípravků na ochranu rostlin. Sumi Agro Czech 2016. (15.4. 2017)

<http://sumiagro.cz/files/teasers/sumi-agro-katalog-2016.pdf>

eAGRI Bariard (15.4. 2017)

eagri.cz/public/app/srs_pub/pp_public/rpg10a_util.download_ii?xid=4652

Agrofert, Successor 600 (15.4 2017)

<https://www.agrofert.cz/downloads/etikety-agrochemikalie/Successor%20600.pdf>

Agrofert Command 36 CS (15.4. 2017)

<https://www.agrofert.cz/downloads/etikety-agrochemikalie/Command%2036%20CS.pdf>

Agromanual Grounder (15.4. 2017)

http://www.agromanual.cz/download/pdf_etiketa/e_grounded.pdf

Argofert Metarex nov (15.4. 2017)

<https://www.agrofert.cz/downloads/etikety-agrochemikalie/Metarex%20Inov.pdf>

Agrofert Grand Forte (15.4 2017)

(https://www.agrofert.cz/downloads/etikety_agrochemikalie/Garland%20Forte.pdf).

Agromanual Lynx (15.4. 2017)

<https://www.agromanual.cz/cz/pripravky/fungicidy/fungicid/lynx>

eAGRI NurelleD (15.4. 2017)

eagri.cz/public/app/srs_pub/pp_public/rpg10a_util.download_ii?xid=6380) 15.4

Zjištěná toxicita a LD 50 u pesticidů (15.4. 2017)

<https://toxnet.nlm.nih.gov/>

8 Přílohy

Fotodokumentace oblasti Zborov (Autor fotografií Martin Šlachta)

Příloha č. 1 Sledované pole v lokalitě Zborov na začátku monitorování



Příloha č. 2 a 3 Sledované pole v lokalitě Zborov na začátku kvetení



Příloha č. 4 Sledované pole v lokalitě Zborov ve fázi plného kvetení



Příloha č. 5 Sledované pole v lokalitě Zborov po odkvetení řepky olejky



Fotodokumentace oblasti Malonty (Autor fotografií Martin Šlachta)

Příloha č. 6 Květnatý pás ve sledované lokalitě Malonty v rané fázi jara (Za amerikanem)



Příloha č. 7 Květnatý pás ve sledované lokalitě Malonty v rané fázi jara (U kostela)



Příloha č. 8 Květnatý pás ve sledované lokalitě Malonty v plném květu (Za amerikanem)



Příloha č. 9 Květnatý pás ve sledované lokalitě Malonty v plném květu (U kostela)



Příloha č. 10 Květnatý pás v lokalitě Malonty ke konci sledování (Za amerikanem)



Obr.č. 16 Květnatý pás v lokalitě Malonty ke konci sledování (U kostela)

