

**Mendelova univerzita v Brně**  
**Zahradnická fakulta v Lednici**

**Ústav zoologie, rybářství, hydrobiologie a včelařství**  
**Agronomická fakulta Mendelovy univerzity v Brně**

**Apidofauna v podmínkách druhově bohatých porostů genetických  
zdrojů pro potřeby opylení zelenin a speciálních plodin**

**Bakalářská práce**

**Vedoucí práce:**

**doc. Ing. Antonín Přidal, Ph. D.**

**Vypracoval:**

**Aleš Vlášek**

**LEDNICE 2017**

Čestné prohlášení:

Prohlašuji, že jsem tuto práci: Apidofauna v podmínkách druhově bohatých porostů genetických zdrojů pro potřeby opylení zeleniny a speciálních plodin,

vypracoval samostatně a veškeré použité prameny a informace jsou uvedeny v seznamu použité literatury. Souhlasím, aby moje práce byla zveřejněna v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a v souladu s platnou *Směrnici o zveřejňování vysokoškolských závěrečných pracích*.

Jsem si vědom, že se na moji práci vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., autorský zákon, a že Mendelova univerzita v Brně má právo na uzavření licenční smlouvy a užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 Autorského zákona.

Dále se zavazuji, že před sepsáním licenční smlouvy o využití díla jinou osobou (subjektem) si vyžádám písemné stanovisko univerzity o tom, že předmětná licenční smlouva není v rozporu s oprávněnými zájmy univerzity a zavazuji se uhradit případný příspěvek na úhradu nákladů spojených se vznikem díla, a to až do jejich skutečné výše.

V Lednici dne:

.....

Podpis

## **Apidofauna v podmínkách druhově bohatých porostů genetických zdrojů pro potřeby opylení zeleniny a speciálních plodin**

### **Souhrn**

Cílem bakalářské práce bylo provést literární rešerši o opylování zejména zahradnických a jiných speciálních plodin ve vztahu k vlivům prostředí působících na utváření společenstev včel. Poznatky dát do vztahu se současnými potřebami pro zajištění opylování nejen zahradnických plodin a provést monitoring populací včel na porostech genových rezerv ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby a také na sousedních srovnávacích plochách v Olomouci. V roce 2016 bylo provedeno od června do září osm monitorování populací včel. Výsledky prokázaly přímou závislost mezi bohatostí druhů kvetoucích rostlin a bohatostí druhů včel a stejně důležitý význam hnízdních míst. Pěstováním mnoha entomofilních rostlin a v hodnou správou území je podporováno opylování kulturních a volně rostoucích rostlin.

**Klíčová slova:** Apoidea, diverzita, opylování, opylovatel, stanoviště, včela.

## **Apoidea for vegetable and special crops pollination in diversity genetical resources of plants**

### **Resume**

The aim of the bachelor work was perform a literary research on pollination of especially horticultural and other special crops in relation to the influences of the environment that influence the formation of bee communities. Scientific knowledge pair up with present pollinizing needs for not only horticulture crops and Apoidea populations monitor in genetical resources of plants of Výzkumném ústavu rostlinné výroby and neighbouring control areas in Olomouc. Eight Apoidea monitorigs were made from June to September in 2016. Results have shown a direct dependence between the richness of the flowering plant species and the richness of the bee species and the equally important importance of the nesting site. The cultivation of many entomophilous plants and the good management of the area is supported by the pollination of cultural and wild plants.

**Key words:** Apoidea, diversity, pollination, pollinator, habitat, bee .

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>CÍL PRÁCE</b> .....	<b>6</b>
<b>3</b>	<b>LITERÁRNÍ PŘEHLED</b> .....	<b>7</b>
3.1	OPYLOVATELÉ HYMENOPTERA: APIFORMES.....	7
3.1.1	<i>Taxonomické řazení a fylogeneze včel</i> .....	7
3.2	VČELA MEDONOSNÁ.....	9
3.2.1	<i>Vlastnosti včely medonosné pro potřeby opylování</i> .....	10
3.3	ČMELÁCI.....	11
3.3.1	<i>Vlastnosti čmeláků pro potřeby opylování</i> .....	12
3.4	SAMOTÁŘSKÉ VČELY.....	14
3.4.1	<i>Vlastnosti samotářských včel pro potřeby opylování</i> .....	16
3.5	ZELÉNINA A SPECIÁLNÍ PLODINY - OD OPYLOVÁNÍ K SEMENI.....	17
3.5.1	<i>Opylování a oplodnění</i> .....	17
3.5.2	<i>Produkce osiva</i> .....	20
3.5.3	<i>Genetické zdroje</i> .....	20
3.6	OPYLOVÁNÍ ROSTLIN A VLIVY NA SPOLEČENSTVA VČEL.....	22
3.7	VZTAH MEZI VČELAMI A ROSTLINAMI.....	25
3.8	ANTROPOGENNÍ FAKTORY PŮSOBÍCÍ NA SPOLEČENSTVA VČEL.....	28
3.9	OCHRANA VČEL.....	34
3.9.1	<i>Kompaktnos krajiny</i> .....	34
3.9.2	<i>Sečení lučních porostů</i> .....	35
3.9.3	<i>Parazité a zavlečené druhy včel</i> .....	36
3.10	PODMÍNKY PRO FAUNU VČEL PRO POTŘEBY OPYLOVÁNÍ.....	37
3.10.1	<i>Je kvalita potravní nabídky jedinou zárukou diverzity včel?</i> .....	37
<b>4</b>	<b>MATERIÁL A METODY</b> .....	<b>40</b>
4.1	POPIS LOKALIT A OBDOBÍ SBĚRŮ VČEL.....	40
<b>5</b>	<b>VÝSLEDKY</b> .....	<b>44</b>
<b>6</b>	<b>DISKUSE</b> .....	<b>54</b>
<b>7</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>57</b>
<b>8</b>	<b>PŘÍLOHY</b> .....	<b>66</b>

## 1 ÚVOD

Antropogenizace krajiny přináší člověku řadu výhod a nových možností rozvoje. Rychlý rozvoj člověka zrychlil i změny v krajině, v níž žije spolu s nejrůznějšími formami života, které jsou k proměnám krajiny a klimatu různě přizpůsobivé. Věc je o to složitější, že mnohé formy života si během evoluce vytvořily existenční vztahy, a tak kvantitativní nebo kvalitativní stav jedné skupiny většinou ovlivňuje kvantitativní nebo kvalitativní stav skupin dalších. I člověk je forma života a rovněž i on je závislý na jiných formách života, které mu poskytují potravu, materiál nebo duševní vyžití. Jedním z příkladů úzké vazby mezi živými formami je například vztah mezi včelami a hmyzosnubnými rostlinami. Včely by mohl člověk nepotřebovat, ale mnohé hmyzosnubné rostliny jsou rostlinami kulturními, a ty již člověk využívá nebo je na nich přímo existenčně závislý. Kulturní rostliny jsou člověkem pěstované rostliny v odvětví zemědělství nebo zahradnictví a mezi ně patří zelenina i speciální plodiny. Apidofauna, představuje nejvýznamnější opylovatele, to je hmyz z čeledi Apidae, kterými je zajišťováno přenesení pylu z prašníku samčího pohlavního orgánu květu na bliznu samičího pohlavního orgánu květu, což je proces označovaný jako opylování. Z praxe je potřeba opylování dobře známá při pěstování jabloní, hrušní, švestek, třešní atp. V České republice apidofaunu tvoří spolu s včelou medonosnou a čmeláky také samotářské včely, které zahrnují téměř 600 druhů. Antropogenizace, tedy přeměna a ovlivňování krajiny člověkem vede u nás i ve světě k úbytku zástupců apidofauny. Přesto existují lokality, kde se udržují bohatá společenstva včel. Jaké faktory to ovlivňují a jakým přínosem je to pro zahradní a volně rostoucí rostliny? Úbytek včel je nejen problém ekologický, ale také velký problém ekonomický. Proto je studium vztahů mezi včelami, rostlinami a prostředím důležité. Studium druhově bohatých a chudých lokalit může přinést cenné poznatky o těchto vztazích, které mohou přispět k ochraně včel, zvýšení výnosů a uchování přírodní diverzity. Proto bylo provedeno reprodukovatelné biologické zkoumání, kdy se posuzovaly lokality představujících standart, obvykle v České republice se vyskytující lokality včel a lokality podrobené zkoumání s pestrou včelí pastvou. Jako každé biologické zkoumání i zde bylo počítáno s vrozenou variabilitou biologického materiálu, odlišnostmi lokalit, což vedlo k racionálnímu uvážení výsledků (ŘEZÁČ, 2002).

## 2 CÍL PRÁCE

Již dříve bylo pozorováno, že například městské biotopy či botanické zahrady jsou místem, kde se vytvářejí diverzitivně pozoruhodná společenstva včel navzdory ryze antropogenní povaze vzniklých stanovišť. Lze předpokládat, že klíčová je kvalita potravní nabídky, ale je to to jediné, co opravdu stačí? V době, kdy je krajina pro včely stále méně přívětivá, je studium ploch s vysokou diverzitou porostů plodin významných pro včely důležité. Může totiž přinést poznatky o vztazích mezi včelami, rostlinami a prostředím, které mohou vést k osvětlení významu diverzity nektarodárných porostů. K obecnějším závěrům na toto téma totiž zatím chybí dostatek pozorovacích dat. Proto cílem bakalářské práce je:

1. Provést zevrubnou literární rešerši dotýkající se problematiky opylování zejména zahradnických a jiných speciálních plodin ve vztahu k vlivům prostředí působících na utváření společenstev včel (Hymenoptera): Apiformes. Poznatky dát do vztahu se současnými potřebami pro zajištění opylení nejen zahradnických plodin.

2. Provést monitoring populací včel na porostech genových rezerv ve Výzkumném ústavu rostlinné výroby (VÚRV) v Olomouci a také na sousedících srovnávacích plochách. Monitorovat nejen potravní vztahy, ale i případně hnízdní biologii včel, aktivitu včel při sběru pylu apod.

3. Získaná data vyhodnotit a uvést přehledně a náležitě ve výsledcích. Následně v diskusi provést interpretaci výsledků a ověřit formulovanou hypotézu, zda je pro existenci bohaté diverzity klíčová pouze kvalita potravní nabídky a tedy posoudit jak konkrétní lokalita s vysoce diverzitivní potravní nabídkou ovlivňuje diverzitu včel v místě a nejbližším okolí. Získané výsledky konfrontovat se současným poznáním a z této konfrontace provést vlastní syntézu, ze které vznikne závěr a doporučení pro praxi.

## 3 LITERÁRNÍ PŘEHLED

### 3.1 Opylovatelé Hymenoptera: Apiformes

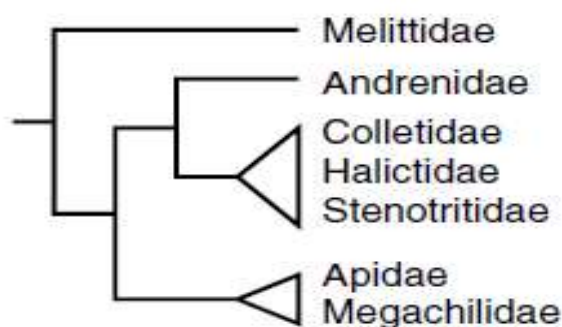
Pojem opylovatel zahrnuje řadu různých živočichů, kteří zajišťují opylení rostlin, přenos pylu. Přitom se nejedná pouze o včely, ale například zahrnuje také ptáky (kolibříci) i savce (netopýři). Včely jsou při opylování bezesporu dominantní. Slovo opylovatel v případě živočichů zajišťujících přenos pylu může zastávat i slovo opylovač. Pro přehlednost se slovo opylovač užívá jen pro jeho další význam, tedy odrůdu poskytující vhodný pyl k opylení jiných inkompatibilních odrůd, a slovo opylovatel jen pro živočichy způsobující přenos pylu (PŘIDAL, 2005). Pojem Apiformes dle taxonomie představuje včely samotářské, čmeláky, pačmeláky a druhy rodu včela (ČERMÁK et al., 2008). V oblasti České republiky a Slovenska žije více jak 600 druhů včel - Apiformes (PŘIDAL, 2005). Novější publikace Včely ve třetím tisíciletí odhaduje, že na území České republiky a Slovenska žije asi 609 druhů (ČERMÁK et al., 2008). Čmeláků na území České republiky bylo doposud zjištěno 33 druhů. Pačmeláků 8 druhů (ČERMÁK et al., 2008).

#### 3.1.1 Taxonomické řazení a fylogeneze včel

Druhy řádu Hymenoptera, tedy i včely mají dva páry blanitých křídel s typickou žilnatinou, které jsou posazeny na hrudi se srostlými články. První článek zadečku je srostlý s hrudí. Hymenoptera se vyvíjejí proměnou dokonalou s fázemi vajíčko, larva, kukla a imago. Kukla bývá zapředena v zámotku (VESELÝ et al., 1985). Je to vlastnost, kterou nalézáme u eusociálních i samotářských druhů včel. Oproti mnohým druhům tohoto řádu Hymenoptera jsou právě druhy z nadčeledi Apoidea většinou nejvíce obrvené, což má účel při sběru a transportu pylu a je to další rozlišovací pomůckou při sběru včel (ZAHRADNÍK, 1987). U samic podřádu Apocrita nalézáme kladélko přeměněné v žihadlo, tyto druhy jsou členěny do nižšího taxonu, infrařádu Aculeata (žahadloví), které může být čnicí nebo zatažitelné. Larvy mají beznohé a většinou se víceméně starají o potomstvo (ZAHRADNÍK, 1987). Druhy podřádu Symphyta (širopasí) mají připojen zadeček celou šíří k hrudi a mají vždy křídla. U podřádu Apocrita (štíhlopasí) je podstatným znakem oproti Symphyta stopkovité zúžení na zadečku. Apocrita jsou velmi početnou skupinou a patří do ní i včely. Dobře patrný rozlišovací znak je automaticky využíván při praktickém sběru včel v porostech

lovených pomocí sítěky na hmyz. Pouhým pohledem rychle zjistíme, zda by ulovený jedinec mohl patřit mezi včely. Je však nutné sledovat další rozlišovací znaky vyšších a hlavně nižších taxonů. Na úrovni podřádu Apocrita (štíhlopasí) mají včely společné znaky s vosami či mravenci, a mohou být právě zaměňovány především s druhy z nadčeledi Vespidae (vosy) (ZAHRADNÍK, 1987). Včely a čmeláci jsou k sobě příbuzensky mnohem bližší než k samotářským včelám (PŘIDAL, 2005). Dřívější taxonomie řadila čmeláky do čeledi Apidae, podčeledi Bombinae s rodem *Bombus* (čmelák) a *Psithyrus* (pačmelák). Williams navrhl v roce 1991 řadit čmeláky a pačmeláky do společného rodu *Bombus*. Rozlišení druhů navrhl až v úrovni podrodů, kdy vyčlenil 14 taxonů pro čmeláky a 1 pro pačmeláky. Někteří odborníci užívají jména podrodů jako jména rodová (PTÁČEK, 2008). Druhově nejpočetnější jsou samotářské včely řazené do šesti čeledí. Sedmou čeledí nadčeledi Apoidea je čeleď Apidae - včelovití (ČERMÁK et al., 2008).

Nadčeleď Apoidea, patřící do Aculeata, obsahuje dvě skupiny. Apiformes obsahující 6–7 čeledí včelotvarých. A Spheciformes obsahující tři čeledě kutilkotvarých. Včely jsou považovány za potomky kutilkovitých vos, které přešly z masité potravy na konzumaci pylu a nektaru. Tento nevyvrácený předpoklad a synapomorfní znaky na předohrudí je řadí do společné nadčeledi Apoidea. Dřívější podání autorů stavělo blíže včelám příbuzné kutilky do samostatné parafyletické nadčeledi Sphecoidea (WIKIPEDIA, 2016). Debevic a kol. v roce 2012 publikovali nové pojetí Apoidea na základě molekulární analýzy, kde potvrdili, že Apiformes je skupina včel pocházejících z kutilkovitých vos. Dnešní čeledě včel se tedy musely formovat z některého předka čeledi Crabronidae. Čeleď včel chápe jako skupinu monofyletickou, pocházející z jednoho společného předka, který byl původně kutilkovitou vosou (WIKIPEDIA, 2016).



**Obrázek 1: Příbuznost čeledí v Apiformes**



### 3.2 Včela medonosná

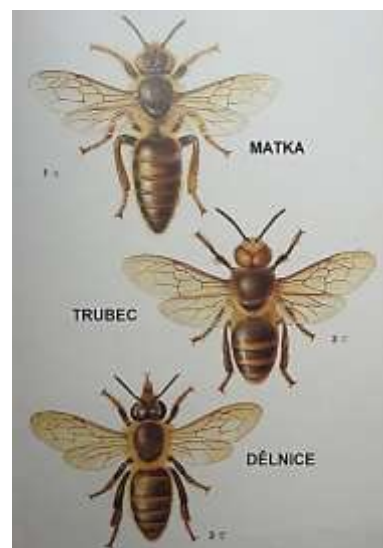
Včela medonosná *Apis mellifera* L. je chována v podstatě na celém světě. Užitek poskytuje včelími produkty, jako jsou med, vosk, pyl, propolis, jed a v některých částech světa i včelí plod. Přitom její nejvýznamnějším užitekem je opylovací činnost. Studie užitku včely ukázaly, že 1/3 lidské výživy je zajišťována plodinami opylovaných především včelami (PŘIDAL, 2005). Ke konci roku 2014 bylo v České republice chováno 603 392 včelstev, které obhospodařovalo 53 447 včelařů (MZe, 2016).

#### Biologie včely medonosné

*Apis mellifera* L. je lesostepní živočich schopný přirozeně hnízdit v dutinách stromů nebo skal, které byly nahrazeny úlem, člověkem vyrobeným hnízdní prostorem, jakmile začaly být včely cíleně člověkem chovány. Včelstvo je složeno z včelího díla, plodu, dělnic, matky a trubců (PŘIDAL, 2005). Včela se vyvíjí proměnou dokonalou. Vývoj dělnice trvá 21 dnů, trubce 24 dnů a matky 16 dnů od položení vajíčka. Dělnice jsou nedovyvinuté samice, zajišťují veškeré základní potřeby včelstva. Sbírají a zpracovávají potravu, chrání včelstvo, zajišťují hygienu a mikroklima hnízda. Počet dělnic během roku kolísá, v zimě je ve včelstvu 10 000-20 000 dělnic, ale v době vrcholného rozvoje 50 000-80 000 jedinců. Zhruba 10 000 včel váží 1 kg. Jsou to právě dělnice, které zajišťují opylování (PŘIDAL, 2005). Matka bývá ve včelstvu mimo výjimečné případy pouze jedna. Může žít 3-5 let, zatímco dělnice žijí 3-5 týdnů v době intenzivního rozvoje včelstva. Dělnice, které spolu s matkou přezimují, mohou žít 7-9 měsíců, délka života trubce může být podobná jako u dělnice v době rozvoje včelstva, pokud se trubec páří s matkou, hyne během kopulace (PŘIDAL, 2005). Trubec je včelí samec, jeho hlavní úkol je spářit se mladou matkou, k čemuž dochází ve vzduchu během snubních proletů mladých matek. Ve včelstvu v době sezóny může být 500-3000 jedinců. Trubec neprovádí opylování. Trubci jsou obvykle přítomni ve včelstvu době od dubna do konce srpna. Především v květnu a červnu dochází k nepohlavnímu rozmnožování označované jako rojení, při kterém část jedinců, matka, dělnice a trubci opustí hnízdo a založí hnízdo nové (PŘIDAL, 2005). Původním geografickým plemenem na území České republiky byla *Apis mellifera mellifera* L. – včela medonosná tmavá, pro lepší chovatelské vlastnosti byla chovateli nahrazena *Apis mellifera carnica* Pollman – včela medonosná kraňská (ČERMÁK et al., 2008).

### 3.2.1 Vlastnosti včely medonosné pro potřeby opylování

Včela medonosná je k řízenému opylování využívána nejvíce, je všestranná, dobře ovladatelná a prozkoumaná. Výzkumy pylových rousek bylo zjištěno, že včela medonosná je florokonstantní, a při opylování méně přeletuje na jiný druh rostliny než čmeláci nebo samotářské včely, což je významné pro zajištění opylování cizosprašných rostlin (PŘIDAL, 2005). Za příznivého počasí jen část opouští úl za účelem získávání potravy, přesto jde významný opylovací potenciál, když si uvědomíme, že počátkem sezóny teprve matky čmeláků a samotářských včel zakládají hnízda, v létě, v době vrcholného rozvoje, včelstvo dosahuje až 50 000-80 000 jedinců a počátkem podzimu už v přírodě v našich podmínkách ostatní opylovatelé téměř vůbec nepůsobí a přitom včelstva tvoří 10 000-20 000 dělnic (PŘIDAL, 2005). V případě včely medonosné je další její výhoda, že pro potřeby opylování může být přemísťována, kdy celé její hnízdo uvnitř úlu se naloží na dopravní prostředek a převeze do místa potřeby. V České republice se to označuje jako kočování se včelstvy. Díky velkému počtu včelstev chovaných včelaři na našem území, je kočování prováděno spíše pro účely produkce medu, než pro potřeby opylování. Některými sadaři, dle místních podmínek a zavčelení je využívána opylovací služba. Cizosprašné odrůdy jablek, hrušní, třešní nebo švestek vyžadují opylování. Díky době květu od dubna do května je právě nejvhodnější včela medonosná. Ostatní volně žijící druhy včel jsou zastoupeny jen v malé míře k tomu, aby opylovaly rozsáhlé sady, a jen doplňují opylování včelou medonosnou. Teploty pod 13°C, silný vítr nebo déšť omezují, až zastavují práci včel. Včela medonosná vyhledává potravu jen během světelné části dne a její práci naopak podněcují vysoké teploty, bezvětří a dostatek dostupné včelí pastvy poskytují vydatný zdroj pylu nebo nektaru (KOHFINK, 2014). Pro opylování v izolátoru se užívá malý úlek rozměrů 270 x 130 x 220 mm, osazený zhruba 1500 dělnic včel, krměním, napájením a mateřím feromonem. Využitelnost takové jednotky je 30-80 dní. Opylování včelami vyžaduje teploty mezi 15-35 °C a sluneční svit – příznivé počasí (DUŠEK et al., 2010).



**Obrázek 2: *Apis mellifera* L. (ZAHRADNÍK, 1987)**

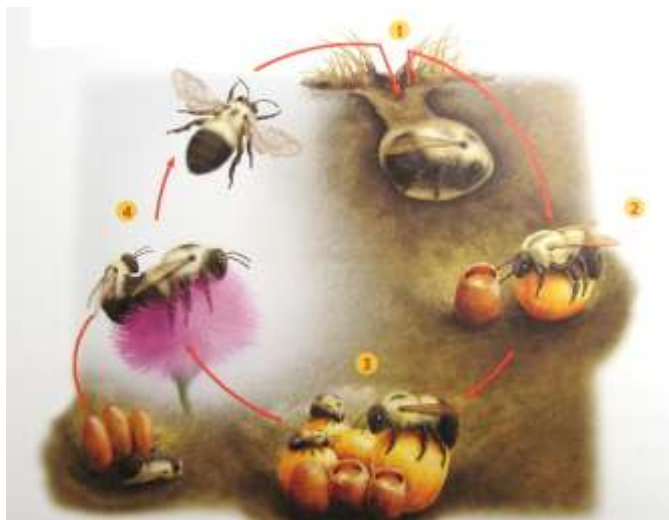
### 3.3 Čmeláci

U nás by mohlo žít až 30 druhů čmeláků (PTÁČEK, 2008). KRIEG et al., (2009) se pokusili zaznamenat množství druhů čmeláků na území Moravy a napočítali jen 17 druhů. Také zjistili, že jen těch hojně se vyskytujících je pouhých 7 druhů. Čmeláci se vyskytují na všech kontinentech, nežijí v subsaharské Africe a Austrálii. Celosvětově je popsáno asi 50 druhů pačmeláků a 350 druhů čmeláků (ČERMÁK et al., 2008). Čmeláci jsou u nás chráněni zákonem (PTÁČEK, 2008). V České republice nacházíme čmeláky ve všech oblastech, řada druhů je nenáročná na prostředí z hlediska klimatu, které v ČR panuje (PŘIDAL, 2005).

#### Biologie čmeláků

Druhy čmeláků na území České republiky a Slovenska žijí primitivně eusociálním způsobem života. Kolonie se do podzimu rozpadá, a přezimují jen mladé oplozené samičky - matky (PŘIDAL, 2005). Ty na jaře založí hnízdo, vychovávají první generaci dělnic, které následně převezmou úkoly spojené s výchovou další generace. Matka se následně věnuje kladení vajíček, a po vychování nových matek a trubců - samců, matka hyne, kolonie zaniká a přezimují jen mladé oplodněné matky mimo kolonii (PŘIDAL, 2005). Pačmeláci jsou paraziti čmeláků, tak zvaní kleptoparazité. Nezakládají hnízdo a nestarají se o potomstvo. Přezimovaná matka pačmeláka pronikne na jaře do hnízda čmeláka příbuzného druhu, kde na jeho úkor vychová nové matky a trubce pačmeláka. Pačmeláci nemají dělnice, jejich larvy vychová parazitovaný druh. V hnízdě bývají obvykle obě královny, kdy ta původní je trpěna (ZAHRADNÍK, 1987). Během roku mají spatřování jedinci čmeláků různou velikost. Dělnice a trubci jsou ve srovnání s matkami menší a jejich velikost souvisí s kvalitou výživy v jejich preimaginálním vývoji (PTÁČEK, 2008). Diapauza, je období, během kterého samičky čmeláků bez příjmu potravy zahrabány v zemi hibernují od podzimu do počátku předjaří nebo jara. Před nástupem diapauzy je samička již oplozena a snaží se ještě získat ještě potravu (KRIEG et al., 2009). Matky pačmeláků *Psithyrus* spp. opouštějí zimní úkryty později, aby hostitelské druhy měli alespoň již jednu generaci dělnic. Některé hostitelskou matku zabijí, jiné ji trpí a jen pojídají její vajíčka (PTÁČEK, 2008). Než přezimovaná matka založí na jaře hnízdo, může uplynout i jeden měsíc, což ovlivňuje počasí a nalezení vhodného místa. Čmeláci hnízdí v zemi, v norách jimi nevytvořenými, tyto

kolonie bývají početnější. Nebo na povrchu v husté trávě nebo napadaných větvích. Jsou druhy, které ke hnízdění užívají obě možnosti (PŘIDAL, 2005).



**Obrázek 3: Vývojový cyklus čmeláka (MADER et al., 2011)**

### **3.3.1 Vlastnosti čmeláků pro potřeby opylování**

Čmeláci jsou významní opylovatelé, v řadě případů specialisté (PŘIDAL, 2005), kteří doplňují včelu medonosnou a samotářské včely. Jejich význam vzrůstá při nepříznivém počasí (nízká teplota, silný vítr, nízký sluneční svit), v případě květů s dlouhou květní trubkou nebo květů, do nichž pronikne jen silný opylovatel (KRIEG et al., 2009). Je možné je chovat uměle pro potřeby opylování. Mohou být užíváni k opylování ve sklenících, fóliovnících nebo klecích při technická izolace nebo k opylování sadů. Užívají se při opylování rajčat pěstovaných ve sklenících, kdy jejich hmotné tělo dokáže s květem zatřást lépe než elektrické vibrátory. Pro uzavřené prostory je lepší než včela, netrpí stresem, nevyžaduje tolik sluneční svit a tak velké teploty jako včela medonosná. Celkově lépe zvládají mikroklima ve skleníku (KRIEG et al., 2009). Na opylování 1 ha skleníku postačí 2-3 úlky se čmeláky o počtu 300-400 jedinců v kolonii při opylování rajčat. Komerčně jsou čmeláci hojně využíváni, především *Bombus terrestris* L. a zasílají se i na velké vzdálenosti. Začínají s tím však vyvstávat problémy při křížení tamějších poddruhů čmeláků s poddruhy dováženými nebo zavlečení a následná konkurence mezi původními druhy (KRIEG et al., 2009). Z hlediska opylování ve volné přírodě jsou zajímavé informace o době, kdy matky opouštějí zimní úkryty: *Bombus lucorum*, L., *Bombus pratorum*, L., *Bombus terrestris*, L. a *Bombus hypnorum*, L., opouštějí hnízdo nejdříve, dobrým vodítkem toho je rozkvět vrby jívy. Následují *Bombus pascuorum*, Scopili, *Bombus hortorum* L., *Bombus ruderarius* Müller. Jako poslední opouštějí zimní úkryty *Bombus lapidarius* L., *Bombus*

*silvarum*, *Bombus soroeensis*, *Bombus humillis* a *Bombus distinguendus*. Teplejší lokality opouštění úkrytů urychlují (PTÁČEK, 2008). Z toho je patrné, že pro opylování brzy na jaře kvetoucích ovocných stromů nebo jiných plodin postrádá čmelák početnost jedinců, čímž se nemůže vyrovnat včele medonosné. Dolet dělnic čmeláků ovlivňuje počet jedinců v hnízdě a rozpětí křídel. Čmelák zemní létá až 3000 m, čmelák skalní 2750 m a čmelák luční jen 250 m (KRIEG et al., 2009). Podle (GOULSON et al., 2002) čmelák rolní létá okolo 500 m, čmelák skalní 1500 m a čmelák zemní 2000 m. Na to je třeba brát ohled při zajišťování podpory přirozeného opylování, tvorby podporující včelí pastvy a zajištění míst k hnízdění. Migrace vyzimovaných samic není známá, neví se, jak daleko jsou schopny létat. Předpokládat ale lze, že zdrojů potravy není mnoho a samičky jsou dost zesláblé, proto nebudou jejich jarní přelety na velké vzdálenosti (KRIEG et al., 2009). Koncem léta výskyt čmeláků v krajině silně poklesne a na květech jsou nalézáni jen samci ještě během října. Po odchování samic, jsou matkou a následně i dělnicemi postupně plozeni jen samci (PŘIDAL, 2005). Při opylování v izolátoru je užíván úlek se čmeláky s rozměry 170 x 210 x 130 mm s kolonií obsahující matku a z počátku asi 15 dělnic čmeláka zemního - *Bombus terrestris* L. nebo méně často čmeláka skalního - *Pyrobombus lapidarius* L. Čmelákům je poskytnut pyl, krejčovská vata nebo suchý mech, napajedlo s roztokem vody, cukru a medu. Využitelnost uměle chovaných opylovacích jednotek bývá 70-120 dní. Opylování čmeláky vyžaduje teploty 6-35 °C, ale na rozdíl od včel je lze užívat k opylování i při zamračeném dni nebo dešti, hodí se proto dobře pro opylování v jarních obdobích, kdy často dochází k nepříznivému počasí. Druhy rodu *Megabombus* jsou specialisté na květy s dlouhou květní trubkou, mají nejdelší sosák, naproti tomu druhu *Bombus* jsou vybaveny sosákem nejkratším. Rodu *Pyrobombus* tvoří druhy s krátkým i dlouhým sosákem. Délka sosáku ovlivňuje dostupnost nektaru jedinci, a proto souvisí s opylováním (PŘIDAL, 2005). V některých letech je čmeláků málo vlivem záplav, sucha nebo jiných vlivů, proto na jinak pro ně oblíbené plodině nemusí být některý rok vůbec pozorováni (KRIEG et al., 2009) a může docházet k výpadkům v opylování, jsou-li tyto rostliny na čmeláky specializovány. Čmeláci mají význam při opylování ovocných stromů (KRIEG et al., 2009). Čmeláci jsou dobře obrvení a dokáží činnost svalů lépe zahřívát svoje tělo, proto pracují při teplotách a vůbec počasí, které je pro včelu medonosnou již nevhodné (PŘIDAL, 2005)

### **3.4 Samotářské včely**

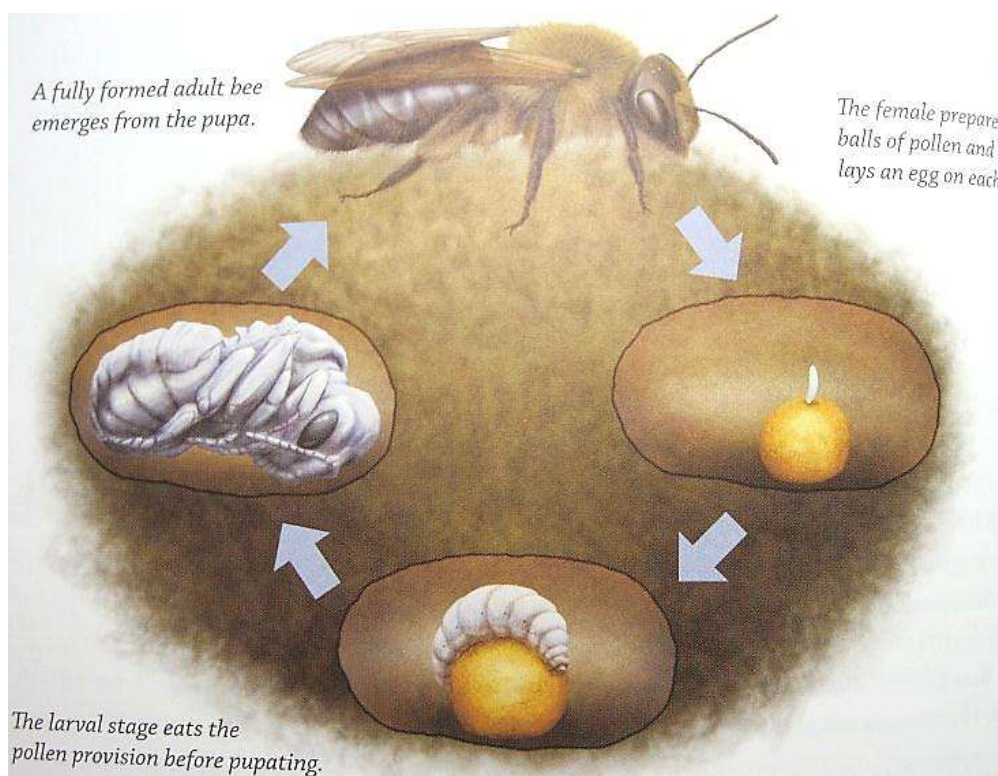
Samotářské včely jsou druhově nejpočetnější skupinou včel, které se podílejí na opylování kulturních i volně rostoucích rostlin. Jsou teplomilné. Proto jejich největší výskyt je v rámci České republiky a Slovenska v teplejších oblastech (MARTINS et al., 2013). Tyto druhy včel představují jen dokonale vyvinuté samice a samce. Potomstvo zajišťuje samice, která po spáření vystaví hnízdo, naklade vajíčka a připraví potravu pro potomky. Poté hnízdo opouští. Tyto včely netvoří kolonie, proto jsou označovány jako samotářské včely (VESELÝ et al., 1985). Označení samotářské včely je však užíváno i pro některé taxonomicky blízké druhy, které vedou parasociální a primitivně eusociální způsob života (PŘIDAL, 2005). Parasociální chování – představuje kooperaci jedné generace samic jednoho druhu, které společně pečují o hnízdo a jen některé z nich byly oplodněny a zajišťují rozmnožování (PŘIDAL, 2005). Na území České republiky a Slovenska je okolo 620 druhů samotářských včel (PŘIDAL, 2005). Většinou jde o druhy žijící výhradně soliterním způsobem života. Dospělé včely se živí nektarem a pylem, přičemž současně provádějí opylování. Jsou druhy, které mají během roku i dvě generace, většinou však jen jednu. Zbytek roku většinou samotářské včely přečkávají ve stádiu vzpřímené larvy, některé jako kukly a jsou druhy, které přezimují jako imago. Část druhů se vyskytuje v jarním období, některé druhy až v období letním (PŘIDAL, 2005).

#### **Biologie samotářských včel**

U samotářských včel se vyvinulo hnízdění dle potřeby zajistit ochranu jen několika potomkům. K tomu druhy samotářských včel využívají především komůrky, které samice sami vyhloubí v zemi, například na ploše bez travního pokryvu, nebo dutiny adekvátního průměru ve stéble rákosu, ve zdivu, v kamení nebo ve dřevě. Zde bývá vytvořeno několik buněk a každá obsahuje vajíčko a potravu pro vývoj larvy (PŘIDAL, 2005). Samotářské včely lze rozdělit podle způsobu zpracování a přepravy pylu na: nohosběrné (pedilegidae), které pyl přepravují na zadních nohách, břichosběrné (gastrilegidae), které pyl přepravují na spodní straně zadečku a primitivní, které přenášející hrudky pylu i s nektarem polknuté v medném volátku, a v hnízdě obsah vyvrhnou. Tyto druhy jsou vývojově nejstarší. Jejich efektivnost při sbírání pylu je nejmenší (PŘIDAL, 2005).

Pro většinu druhů včel je typické, že po spáření matka založí na vhodném místě hnízdo, bez ohledu na hnízda jiných členů populace. Nanosí do něj pyl, nektar a naklade v něm vajíčka (PŘIDAL, 2005). Nakonec hnízdo uzavře a opouští, aniž by nadále pečovala o potomstvo. Dělnice postaví za život několik desítek buněk. Většinou umírá dříve, než se potomci začnou líhnout (PŘIDAL, 2005). Některé druhy mají i druhou generaci, která teprve plodí potomky, které přezimují. Samotářské včely přezimují jako dospělci, předkukly, nebo jako larvy a kuklí se až následující rok (PŘIDAL, 2005). Potravou dospělých samotářských včel i plodu je pyl a nektar, na směs toho je kladeno vajíčko, některé druhy se vyvíjejí jen na pylu (PŘIDAL, 2005).

Kleptoparazitismus není specifický jen pro některé druhy z podrodu *Psithyrus* spp. -pačmelák, ze skupiny Corbiculata, ale vyskytuje se u více rodů samotářských včel. Jejich samice nezakládají hnízdo a nedokáží shromažďovat potravu, vyznačují se absencí sběracích orgánů. Pro odchov potomstva užívají hnízda jiných druhů, kde pouze nakladou vajíčka. Někdy je také nazýváme jako „včelí kukačky“ (PŘIDAL, 2005).



**Obrázek 4: Vývojový cyklus samotářské včely (Mader et al., 2011)**



### 3.4.1 Vlastnosti samotářských včel pro potřeby opylování

Samotářské včely představují v České republice druhově bohatou skupinu s obrovským významem pro zajištění opylování volně rostoucích rostlin a tím uchování biodiverzity (PŘIDAL, 2005). Aby bylo možné cíleně využít samotářské včely k opylování monokultury a dosáhnout co nejvyššího výnosu, bylo by třeba užít druhy, které dokáží hnízdit koncentrovaně se schopností se v případě nadbytku potravy přemnožit. Jestliže dolet samotářských včel je krátký, musely by být plochy porostu rozděleny na menší celky v souvislosti s doletem včel anebo by musely být opylované plochy proloženy vhodnými místy k hnízdění. K opylování plodin byla nejvíce prozkoumána čalounice mateřídoušková (*Megachile rotundata*) a šedosrstka tolicová (*Nomia melanderi*, Ckl.) Oba druhy se velmi hodí k opylování vojtěšky (PŘIDAL, 2005). Ve světě se dále zkoumají například zednice pro opylování ovocných dřevin. O opylování samotářskými včelami toho tolik nevíme. Druhy samotářských včel bývají velké od pár milimetrů až po velikost matky čmeláků a vyskytují se v určitých úsecích roku i to je předurčuje v některých případech ke specializaci. Čalounice mateřídoušková a šedosrstka tolicová opylují vojtěšku lépe než *Apis mellifera* L. *Nomia melanderi* Ckl., byla dodávána k polím hliněnými bloky s kuklami, kde následně hnízdila i vylíhla nová generace. *Megachile rotundata* F. – čalounice mateřídoušková, pro kterou se zřizovala dutinková hnízdiště., s dutinkami průměru 5-6 mm byla řízena tabulemi s mnoha otvory, právě vhodnými pro *Megachile rotundata* F., na konci hnízdní sezóny se tabule se zazimovanými kuklami uložily do chladu 4 °C, a teprve s nástupem kvetení vojtěšky se vložila do zvýšené teploty, aby včely dokonaly vývoj. Těsně před počátkem líhnutí se tabule umístila k porostu vojtěšky (MARTINS et al., 2013). V současné době se samotářské včely cíleně v České republice nechovají, ale spíše se dělají kroky na podporu jejich výskytu, aby se zvýšila kvalita opylování, zajištěná především včelou medonosnou (PŘIDAL, 2005). V případě pěstování vojtěšky se provádí podpora šedosrstky tolicové *Rhopitoides canus*, která je ologolektický opylovatel s vazbou na vojtěšku. Tato samotářka dokáže hnízdit početně a její vývoj je sladěn s kvetením tolíce seté – *Medicago sativa*. Podpora se provádí vytvořením hnízdního prostoru bez porostu po obvodu pole a napříč polem, protože šedosrstka tolicová má dolet od hnízda jen okolo 50 m (PŘIDAL, 2005).



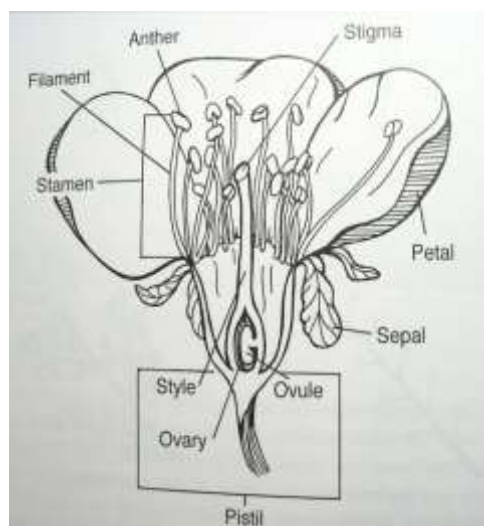
### 3.5 Zelenina a speciální plodiny - od opylování k semeni

Plodin označovaných jako zelenina je několik desítek druhů jednoletých nebo dvouletých rostlin bylinného charakteru, ze kterých člověk využívá ke konzumaci celou rostlinu, její část nebo plod. Jahodník je řazen mezi ovoce. Zelenina je taxonomicky řazena do více čeledí, proto vlastnosti mají i různé nároky na pěstování i opylování (PEKÁRKOVÁ, 2014). Speciální plodiny jsou léčivé, aromatické a kořeninové rostliny, které se souhrnně označují zkratkou LAKR. Léčivé rostliny obsahují účinné látky, které člověk využívá při léčení nebo tlumení chorob lidí nebo zvířat. Aromatické rostliny obsahují vonné látky využívané v průmyslu a kosmetice. A skupina kořeninových rostlin má význam v kulinářství, kde jsou užívány ke zlepšení chuti a vůně jídel. Většinou není užívána celá rostlina a řada rostlin současně patří do některé další skupiny (NEUGEBAUEROVÁ & ŽĎÁRSKÁ, 2015). Z čeledí rostlin zeleniny a LAKR je patrné, že řada z nich je ze skupin rostlin, které poskytují včelám potravu a včely jsou pro jejich opylování nezbytné. Pro včely jsou významné především čeledě: Amaryllidaceae, Asteraceae, Apiaceae, Boragiaceae, Brassicaceae, Campanulaceae, Cucurbitaceae, Lamiaceae, Rosaceae, Solanaceae. Některé druhy včel jsou na tyto čeledě dokonce úzce oligolekticky vázány (PŘIDAL, 2005). Většina zelenin a léčivých, aromatických a kořeninových rostlin jsou rostlinami cizosprašnými, nebo cizosprašení u nich příznivě ovlivňuje produkci plodů (MITÁČEK et al., 2014), (McGREGOR, 1976).

#### 3.5.1 Opylování a oplodnění

Způsob přenosu pylu, tedy opylování může být uskutečňováno větrem (anemofilie), živočichy (zoidiofilie) nebo vodou (hydrofilie). U zoidiofilie je mnoho podskupin podle skupiny živočichů, kteří přenos zajišťují. Největší skupinu z nich tvoří včely, patřící mezi hmyz. Rostliny opylované hmyzem jsou rostliny hmyzosnubné - entomofilní (PŘIDAL, 2005).

Rostliny opylované hmyzem mají samčí nebo samičí pohlavní orgány umístěné v květu. Podle toho jsou rozlišovány květy samčí, samičí nebo oboupohlavné, které obsahují samčí i samičí pohlavní orgány. Samčími



**Obrázek 5: Stavba květu (DELEPLANE & MAYER, 2000)**

pohlavními orgány jsou tyčinky (stamen), které jsou tvořeny nitkou (filament) a prašníkem (anther) (DELEPLANE & MAYER, 2000). Prašníky obsahují pyl, který obsahuje samčí gamety, pohlavní buňky. Samičími pohlavními orgány jsou u kvetoucích rostlin pestík (carpel), tvořený bliznou (stigma), čnělkou (style) a semeníkem (ovary), který obsahuje vajíčka (ovule), ve kterých jsou samičí pohlavní buňky - samičí gamety (DELEPLANE & MAYER, 2000). Většina květů obsahuje velké množství tyčinek a více než jeden pestík, u některých rostlin se ale vyskytují květy jednopohlavné nebo kombinace jednopohlavných a oboupohlavných na jedné rostlině (McGREGOR, 1976). Druhy rostlin, které mají na jednom jedinci květy se samčími a samičími pohlavními orgány, jsou rostliny jednodomé. Druhy rostlin, které mají na jednom jedinci květy pouze se samičími pohlavními orgány, nebo pouze s orgány samčími jsou rostliny dvoudomé. Pohlavní orgány chrání květní obaly, které současně působením barev upoutávají pozornost opylovatelů. Existují také květy bezobalné. Květní obaly tvoří kalich (calyx) tvořený z kališních lístků (sepal), jsou nejčastěji zelené barvy a koruna – corolla, nejčastěji pestře zbarvená, která je tvořená korunními lístky (petal) (DELEPLANE & MAYER, 2000). Nejčastěji koruna bývá pestře zbarvena. Některé květy nejsou rozlišeny na kalich a korunu, jejich květní obal se nazývá okvětí (perigonium) (DELEPLANE & MAYER, 2000). Pro opylovače, bereme v úvahu především včely, je květ zdrojem potravy, kterým je pyl obsažený v prašnicích květů a nektar, který se nejčastěji nachází ve spodní části květu, je vylučovaný nektáři. Květy mají jedno nebo více nektarií (McGREGOR, 1976). Slouží k produkci nektaru, k čemuž dochází zpravidla při otevírání květu a končí, jakmile dojde k oplození (McGREGOR, 1976). Množství produkovaného pylu a nektaru se mezi druhy rostlin liší. Některé druhy hmyzosubných entomofilních rostlin nektar vůbec neprodukují, nebo mohou být nektaria i mimo květ (McGREGOR, 1976). Jejich květy opylovače navštěvují jen kvůli pylu. Stavba květu, vzájemná poloha blizny, která má lepkavý povrch k tomu, aby na ní ulpělo pylové zrno, a prašníků je zajištěna tak, aby v květu opylovači sbírajícímu potravu ulpěl pyl na povrchu těla a následně byl přenesen na bliznu květu. Povrch blizny je lepkavý, aby na něm pylové zrno dobře ulpělo a mohlo vyklíčit (McGREGOR, 1976). Většina opylovatelů je ve prospěch toho hustě obrvená. Proces přenesení pylu z prašníku květu na bliznu květu je nazýván opylováním. To zajišťují u entomofilních rostlin opylovače z třídy Hmyz, především včely, tedy blanokřídlý hmyz ze skupiny Apiformes. Řada druhů rostlin je

rostlinami samosprašnými (autogamie), kdy k opylování, vedoucímu k oplození, postačí, pouze přenesení pylu z prašníku květu téže rostliny na bliznu květu stejné rostliny (PŘIDAL, 2005). Jiné druhy rostlin, a mezi nimi i některé zeleniny a speciální rostliny, jsou rostlinami cizosprašnými (allogamie), které pro opylení potřebují přenesení pylu na bliznu vlastního květu dostatek pylu z prašníku jiné rostliny stejného druhu (PŘIDAL, 2005). Přestože mnoho rostlin patří mezi samosprašné, je pro ně z hlediska přenosu genetické informace výhodnější, jestliže jsou opyleny pylem z jiné rostliny téhož druhu. Květy určitých druhů rostlin se samoopylení brání různou dobou zralosti samčích a samičích pohlavních orgánů květu to je označováno jako dichogamie, pokud je dříve zralá blizna, nazýváme to protogynie, pokud je dříve zralý prašník s pylem, hovoříme o protandrii. Další možností bránící samoopylení je heterostylie (různočnělečnost), což je rozdílné umístěním pohlavních orgánů v květu, tak že tyčinky jsou výrazně kratší než pestík a naopak (PŘIDAL, 2005). Také se u rostlin vyskytuje inkompatibilita, kdy pylové zrno na blizně nevyklíčí, protože tomu brání geny inkompatibility. V takovém případě nemusí vyklíčit ani při cizosprašení, jestliže pylové zrno z jiné rostliny nese alespoň jednu alelu sterility, která se vyskytuje i u opylovaného jedince (MIKULENKOVÁ, 2002). Různý tvar květu, doba květu, velikost květu a případně jiné vlastnosti mohou vést k tomu, že jsou pro rostlinu vhodné jen některé druhy opylovatelů a někdy dokáže u velmi specializovaných rostlin zajistit opylování rostliny jen jeden druh (KOZMA et al., 2003). Po úspěšném opylování dochází k procesu oplození. Pyl vyklíčí v pylovou láčku, která přes bliznu a následně čnělku proroste až k semeníku s vajíčky. Láčkou přitom putují dvě spermatické buňky. Spermatické buňky proniknou do vajíčka a dojde k dvojitému oplození, kdy jedna spermatická buňka splyne se samičí gametou a vznikne zygota a druhá spermatická buňka splyne s centrální buňkou zárodečného vaku, z čehož se utvoří endosperm (KOZMA et al., 2003). Vaječné obaly utvoří osemení semene, které chrání semeno a zbylé části pravého plodu vzniknou přeměnou pestíku, nebo přeměnou pestíku a dalších květních částí v případě vzniku plodu nepravého (McGREGOR, 1976). Dalšími přeměnami a dělením zygoty a pletiv se utvoří zárodek se živným pletivem, semeno (KOZMA et al., 2003). Semeno je podstata generativního rozmnožování nejen zelenin a léčivých, aromatických a kořeninových rostlin. V některých případech se dovede vajíčko vyvíjet a vznikne plod i bez oplození, což se označuje jako partenogenetický vývoj. Takové plody jsou zpravidla bezsemenná (McGREGOR, 1976).

### 3.5.2 Produkce osiva

Při produkci osiva zelenin i léčivých, aromatických a kořeninových rostlin, je u cizosprašných rostlin základním opylovatelem včela medonosná – *Apis mellifera* L. (McGREGOR, 1976), (DELEPLANE & MAYER, 2000). Z hlediska doby kvetení a charakteru květu rostliny je v některých případech výhodnější pro opylování čmelák, především *Bombus terrestris* L. (PRÁŠIL, 2012). Za kritický faktor se považuje dostatečný počet pracujících včel na květech rostliny pěstované na semeno. Není-li tato rostlina opylována v technické izolaci, je nutné zajistit nejen izolační vzdálenost porostu od rostlin téhož druhu, ale i dostatečný přísun včelstev k porostu, který je třeba úměrně zvýšit, jestliže kvetou současně atraktivnější zdroje pastvy, nebo tyto zdroje omezit. Obvykle se přisouvá 4-12 včelstev na hektar plodiny (PRÁŠIL, 2012).

Při produkci semen je třeba zajistit, aby semenný materiál zachovával vlastnosti druhu a odrůdy. Podle toho jsou pro produkci semen matečné rostliny důsledně vybírány. Ze zelenin je například řepa salátová a špenát setý rostlinami větrosnubnými, ale naprostá většina zeleniny je rostlinami hmyzosnubnými (MELICHAR et al., 1997). Samosprašením jsou opylovány rajče jedlé, hrách setý a fazol zahradní, ostatní převážná část zeleniny jsou rostliny cizosprašné (MELICHAR et al., 1997). Výzkumy dokazují, že zvýšené množství opylovatelů v kvetoucím porostu zvyšuje do určité fáze výnos semen (McGREGOR, 1976). Aby se zabránilo křížení odrůd zeleniny s jinými jedinci téhož druhu, což platí i pro plevele, a byly tak uchovány vlastnosti odrůdy, je nutné zajistit při křížení jedinců, aby byl pyl přenášen pouze mezi jedinci téže odrůdy zeleniny (MELICHAR et al., 1997). Dosahuje se toho pomocí prostorové izolace, která je u košťálovin až 1000 m, nebo opylováním rostlin v technické izolaci (MELICHAR et al., 1997).

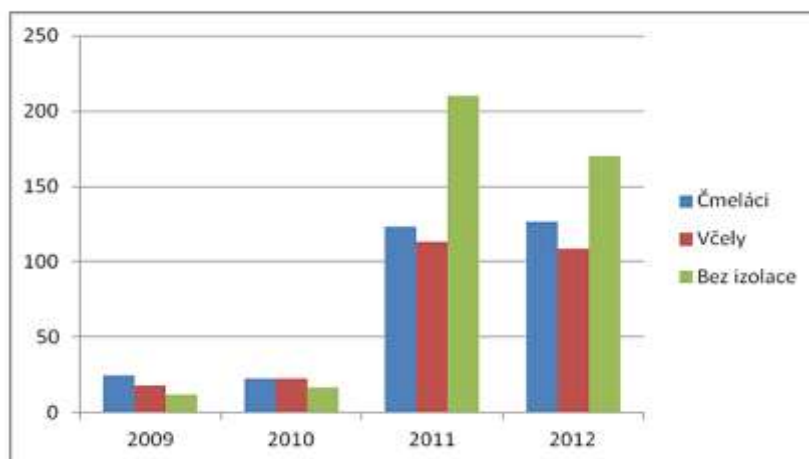
### 3.5.3 Genetické zdroje

Genetické zdroje chrání druh respektive odrůdu před vyhynutím, mohou být zdrojem rostlin pro rekultivace území a mohou být výchozím materiálem pro šlechtění nebo průmyslové využití. Jsou ukládány v Genové bance VÚRV, v. v. i. V Praze. Ukládají se odrůdy kulturních rostlin (zelenin) i léčivých, aromatických a kořeninových rostlin. Pro potřeby regenerace osiva nebo namnožení před prvním uložením je nutné vyprodukovat dostatek kvalitního osiva. DUŠEK & DUŠKOVÁ, (2012) prováděl pokusy, se kterými se snažil nalézt nejvhodnější způsob získání osiva léčivých rostlin

jako bukvice lékařské - *Betonica officinalis*, L. a dalších rostlin ze skupiny LAKR. Osvědčila varianta technické izolace s užitím včel medonosných, která poskytla v průměru semena o nejvyšší hmotnosti, v dostatečném množství, s uspokojivou klíčivostí a za nízkých nákladů, neboť opylování v izolátoru včelami je levnější než opylování čmeláky.

Nejvyššího výnosu semen bylo ale dosaženo u varianty bez izolátoru, kdy bukvice opylovaly volně žijící opylovatelé a mezi nimi i samotářské včely, což souvisí patrně s přetlakem opylovatelů (DUŠEK & DUŠKOVÁ, 2012). Jen díky komplikovanosti prostorové izolace a nižší hmotnosti tisíců semen, nebylo opylování volně působícími opylovateli zařazeno do programu (DUŠEK & DUŠKOVÁ, 2012). Výsledky však naznačují, pozitivní vliv početné a pestré včelí fauny, včetně samotářských včel, které se spolupodílí na opylování rostlin s čmeláky a včelami medonosnými tím, že zvyšují celkový výnos, hmotnost produkce semen rostlinami, při zachování klíčivosti. To je důležité i z hlediska zachování druhů ve volné přírodě. Také je možné, že průměrně nižší hmotnost tisíců semen u varianty bez izolace je způsobena právě větší produkcí semen na rostlinu, která produkovala v průměru méně hmotná semena, což mohlo souviset i s nedostatečnou agrotechnikou. Přesto zde byl jednoznačně ukázán pozitivní vliv pestré včelí fauny na celkové množství produkce.

Graf č. 1 Průměrný výnos semen za sledované období 2009-2012



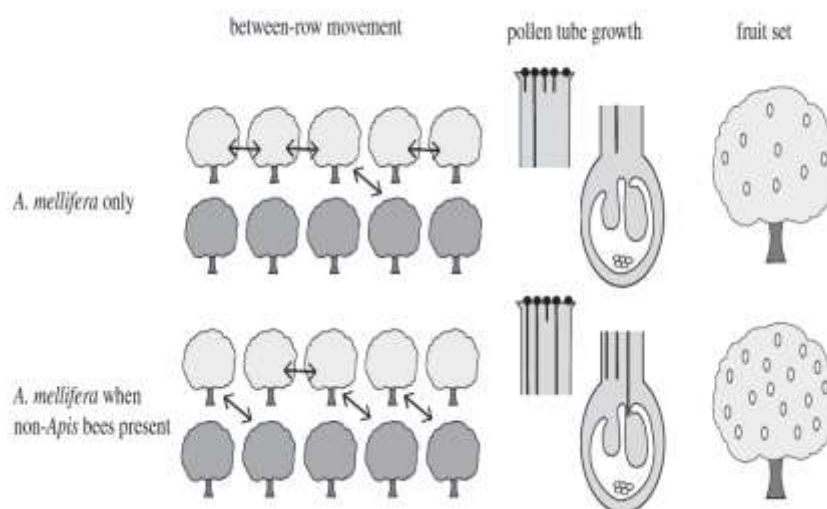
**Obrázek 6: Vliv pestré fauny včel na produkci semene bukvice lékařské - varianta bez izolace (DUŠEK & DUŠKOVÁ, 2012)**

### 3.6 Opylování rostlin a vlivy na společenstva včel

Včely navštěvují květy kvůli pylu a především nektaru, kde je rozhodující obsah cukrů a celkové množství nektaru (PŘIDAL, 2005). Hmyz získá potravu a rostlina dosáhne opylování. Vliv volně žijících včel pro potřeby opylování není natolik prozkoumán v porovnání se včelou medonosnou, přesto i tyto opylovatelé mají význam (PŘIDAL, 2005). Mnohé sbírají potravu za méně příznivých podmínek než včela medonosná a dokáží se dostat i do obtížně přístupných květů. Při opylování kulturních rostlin, které jsou vydatným zdrojem včelí pastvy, může docházet k vytlačení volně žijících druhů včel včelou medonosnou. Konkurenčně znevýhodněné druhy díky tomu ale opylují jiné kultury nebo planě rostoucí rostliny (PŘIDAL, 2005). Moderní zemědělská krajina je z hlediska diverzity včel a rostlin velice chudá (STEFFAN-DEWENTER & TSHARNTKE, 1997). Obvyklý rádius včely medonosné a čmeláků je 1000-1500 m, ale akční rádius samotářských včel je jen 100 až 200 m (STEFFAN-DEWENTER & TSHARNTKE, 1997), což ovlivňuje opylování rostlin a dostupnost potravy pro včely. Proto rozsáhlé plochy hmyzosubných monokultur mohou efektivně opylovat jen včely medonosné přisunutá ve velkém množství (McGREGOR, 1976). I tak je někdy opylování komplikované, protože květy plodiny nejsou dostatečně atraktivní, příkladem toho jsou hybridní odrůdy cibule (MAYER & LUNDEN, 2001). Zvýšená diverzita opylovatelů v opylovaných porostech přispívá k cizosprašení a podporuje vyšší výnosy (CLAIRE et al., 2013). Zvyšování ploch zemědělské půdy má negativní dopady na ekosystémy, proto se hledají efektivní řešení jak na stávajících plochách vyprodukovat větší množství lidské potravy (CLAIRE et al., 2013). Fauna samotářských včel, také pod vlivem včely medonosné, se přitom více vyskytuje na volně rostoucích rostlinách, které zahradnictví označuje jako plevel (PŘIDAL, 2005). Starší ovocnářské publikace a knihy o pěstování zeleniny (McGREGOR, 1976) se zmiňují o nepříznivém konkurenčním působení plevelů, které odvádějí včely z některých kulturních plodin během kvetení, přitom se ukázalo, že ne vždy k tomu dochází (BENEDEK et al., 1998). Navíc plevelé dokáží lákat opylovače, kteří se pak nesoustředí jen při okrajích sadů. Zavádění některých nových odrůd například meruněk má zvýšené nároky na opylování, bez kterého by bylo dosahováno jen nízkých výnosů (RADAJEWSKA & ANDRZEJEWSKÁ, 2001), pro včely je důležitá kvalita nektaru květů (PŘIDAL, 2005), pokud by byly takové odrůdy pro včely neatraktivní, jen těžko

by mohly nahradit původní odrůdy. Pomoci by mohly biodiverzitně pestré louky s alternativními opylovateli, jenže už při vzdálenosti 250 m je množství přítomných včel poloviční v porovnání s plodinou v bezprostřední blízkosti louky. Takové louky by musely hustěji členit krajinu, protože zvláště u některých plodin výrazně klesá výnos už od 250 m vzdálené plodiny (STEFFAN-DEWENTER & TSHARNTKE, 1997). Takové pravidlo nemusí platit pro jiný hmyz navštěvující, podílející se na opylování (STEFFAN-DEWENTER & TSHARNTKE, 1997). V případě jiných plodin může produkci osiva komplikovat vlastní neatraktivita nově vyšlechtěné odrůdy a nepomáhá při tom vliv jiných druhů včel ani užití atraktantů aplikovaných na květy. U hybridních odrůd cibule kuchyňské *Allium cepa* L. způsobuje neatraktivnost květů nadměrné množství draslíku v nektaru (MAYER & LUNDEN, 2001). Produkce osiva takové plodiny dosahuje nízkých výnosů, řešení by snad mohly přinést jiné druhy včel, *Osmia lignaria* a *Megachile rotunda* se neosvědčily (MAYER & LUNDEN, 2001). Lze ale říci, že pro včely málo atraktivní odrůdy nemohou být pro včely přínosem. Pokud se pro ně podaří nalézt vhodného opylovatele, zůstává tato plodina pro většinu včel nežádaným zdrojem potravy a při pěstování na větších plochách může zlepšovat nanejvýše densitu specializovaného druhu. Chování včel ovlivňují při získávání potravy různé vlivy. Nejen vysoká diverzita a densita opylovatelů vykonávající opylování vede k vysokým výnosům, jako v případě LAKR (DUŠEK & DUŠKOVÁ, 2012), ale diverzita opylovatelů v prostu mění chování včel, které jsou ochotny přeletovat na vzdálenější rostliny než ty, které jsou blíže těch, na kterých právě sbírají potravu (CLAIRE et al, 2013). Toho lze s výhodou využívat při opylování cizosprašných rostlin nebo auto-inkompatibilních odrůd, jako jsou ovocné kultury nebo semenné produkce dvoudomého chřestu – *Asparagus officinalis* L. CLAIRE et al., (2013) zjistili, že díky přítomnosti *Osmia lignaria* v sadě, kde z agrotechnického hlediska je výhodnější pěstovat dvě odrůdy mandloní zvláště v řadách vedle sebe, prováděla včela medonosná častější přelety na vzdálenější stromy přes řadu a méně se přemísťovala od stromu ke stromu v řadě. Zvýšil se tím přenos pylu mezi vzájemně se opylujícími odrůdami, zefektivnilo se opylování a narostl i výnos sklizených mandlí (CLAIRE et al., 2013). Lze z toho odvodit, že pro sadaře, zvláště pěstující cizosprašné odrůdy, je výhodná bohatá fauna volně žijících včel. K jejich podpoře je třeba zajistit místa pro hnízdění a pestré zdroje potravy. Mezi ně patří celá řada plevelů, některé jsou tradičně považovány konkurenční rostliny kvetoucích ovocných kultur, a které údajně snižují efektivitu

opylování (BENEDEK et al., 1998). Zkoumáním konkurenčního vlivu plevelů, především *Taraxacum officinale*, na opylování hrušní se věnovali BENEDEK et al., (1998), kteří konkurenční vliv plevelů na opylování hrušní nepotvrdili. Proto ne vždy mohou uváděné konkurenční rostliny opravdu konkurovat pěstovaným rostlinám, navíc proměnlivé počasí mění i počátky kvetení v jednotlivých letech (BENEDEK et al., 1998). Zahradnictví je ve značné míře realizováno formou okrasných nebo užitkových zahrad, které tvoří součást měst a vesnic. Tato místa jsou zdrojem řady plodin a mnoho jich poskytuje potravu pro včely a možnosti pro hnízdění. GOULSON et al., (2002) zjistili, že městské prostředí s dostatkem zahrad svědčí čmelákům více, než agrocenózy zapojené do programu ochrany biodiverzity pěstováním rostlin podporujících včelí pastvu. Čmeláčí kolonie průměrně dosáhly nejvyšších hmotností, což korespondovalo i s počtem odchovaných matek (GOULSON et al., 2002). Fragmentace krajiny je nepříznivá pro opylovatele a opylované rostliny, spolu s tím nelze využití opylovacího potenciálu volně žijících včel ve prospěch výnosů z plodin, které jsou na opylování včelami závislé (STEFFAN-DEWENTER & TSHARNTKE, 1997). Negativní vliv fragmentace krajiny může být například podporována volně rostoucími rostlinami (plevely) v rámci sadů, existencí zahrad s pestrou škálou rostlin, které podporují populace čmeláků (GOULSON et al., 2002), a tím přispět k udržení biodiverzity krajiny.



**Obrázek 7: Četnější přelety včely medonosné mezi řadami vlivem volně žijících včel zefektivňují opylování sadů s auto-inkompatibilními odrůdami - (CLAIRE et al., 2013)**



### 3.7 Vztah mezi včelami a rostlinami

Při získávání potravy je včela soustředěna na pyl, nektar, nebo sbírá obojí. Druhy včel při sběru pylu úžeji zaměřené na malou skupinu rostlin z jedné čeledě nebo rodu nazýváme oligolektické. Většina druhů včel není úzce potravně vyhraněna, tyto druhy jsou označovány jako polylektické (PŘIDAL, 2005). Monolektický druh včel sbírá pyl jen na jednom druhu rostliny (MADER et al., 2011). Přitom v případě sběru nektaru, který je zdroj energie, dokáží i potravně velmi vymezené včely sbírat z úplně jiných skupin rostlin (PŘIDAL, 2005). Včely se během evoluce přizpůsobily k opylování, jejich velikost a tvar jim umožňuje dostat se k nektaru a pylu, brvy na těle slouží transportu pylu z prašníku na bliznu (PŘIDAL, 2005). Oligolektické druhy samotářských včel, florokonstantnost jedinců včely medonosné nebo specializace čmeláků na hluboké květní trubky a těžko přístupné květy jsou další vlastnosti ve prospěch opylování rostlin (PŘIDAL, 2005). Adaptace entomofilních (hmyzosnubných) květů pro přilákání opylovatelů zahrnuje poskytování nektaru, poskytování výživného pylu, tvar a velikost květu, uvolňování vůní z éterických olejů a barva květu (PŘIDAL, 2005). Včelí pastva je soubor převážně entomofilních rostlin. Kulturní rostliny nebo vydatné zdroje potravy navštěvuje v převaze včela medonosná, zatímco planě rostoucí rostliny nebo slabé zdroje potravy hostí spíše samotářské včely, čmeláci stojí na pomezí (PŘIDAL, 2005). Nelze proto zcela tvrdit, že je včela medonosná silným konkurentem jiných druhů včel (PŘIDAL, 2005), přesto k tomu za jistých podmínek dochází (GOULSON & SPARROW, 2008), (SHAVIT et al., 2009), (THOMSON, 2016). Například v období sucha se snižuje produkce nektaru a růst živných rostlin, s tím koresponduje pokles populací konkurenčně slabších druhů, kteří v soutěži o překrývající se zdroje potravy prohrávají (THOMSON, 2016). Proto pro ochranu ohrožených populací čmeláků a nejspíše i samotářských včel je vhodné snížit konkurenční tlak uměle chované včely medonosné v oblastech, kde jsou čmeláci postiženi úbytkem (GOULSON & SPARROW, 2008). Nedostatečný přísun potravy čmeláčích dělnic se projevuje na velikosti jejich hrudi (GOULSON & SPARROW, 2008). V čmeláčí kolonii jsou to pak především jen velké dělnice, které sbírají potravu, malé jsou převážně omezeny jen na činnosti v hnízdě. Tím je dále hlouběji poškozena schopnost kolonie vytvořit samičky pro přezimování, která koresponduje s výslednou hmotností kolonie (GOULSON et al., 2002). Mladé přezimované samičky následně rozhodují o

stavech populací čmeláků následující rok. SHAVIT et al., (2009) pak dokázali konkurenci včel medonosných, když zvýšili ve zkoumaných lokalitách densitu včel medonosných, což se v praxi běžně děje při kočování se včelstvy, a následně vyhodnotili zvýšené množství včel medonosných a současně snížené množství samotářských včel na živných rostlinách. Míru konkurence ovlivňovaly podmínky roku a došlo-li ke konkurenčnímu vlivu, byl negativním účinkem na volně žijící včely a nedocházelo u nich k přesunu na jiné potravní zdroje, proto není vhodné zvyšovat množství včel medonosných především tam, kde žije ohrožená včelí fauna (SHAVIT et al., 2009). Konkurenční tlak samotářské včely se stává zřetelně patrný v době aktivní sezóny, kdy se stávají potravní zdroje limitované, dochází k vytlačování ostatních druhů včel včelou medonosnou. V některých oblastech světa se intenzivně kočuje se včelstvy *Apis mellifera*, což může mít velké následky na přirozenou včelí faunu (SHAVIT et al., 2009). Problém s konkurencí nastává v lokalitách, kde je vysoká míra zavčelení a nedostatek potravy, což se nejvíce stupňuje v letech, kdy trpí krajina suchem. Vlivem globálních změn, lze toto i nadále očekávat. Přestože výzkum jednoznačně neodpověděl, jestli stojí hojně rozšířené včely medonosné za poklesem volně žijících druhů včel, je vhodnější cenné lokality apidofauny nezatěžovat intenzivním kočováním se včelstvy (SHAVIT et al., 2009).

Včelí fauna patřící do funkčních skupin rostlin, tedy jedná se o jisté druhy včel, které zajišťují opylování jistých druhů rostlin (CORBET, 1997). Ztráta jednoho druhu z funkční skupiny většinou nevede k vyhnutí organismu respektive populace, jestliže ale dojde ke ztrátě celé funkční skupiny, může to vést až k vyhnutí druhu (CORBET, 1997). V případě poklesu density opylovatelů a dojde-li současně k poklesu density včely medonosné v lokalitě v důsledku toho, že v lokalitě není již potřebována například pro opylování kultury, může vést snížená densita volně žijících opylovatelů k nedostatečnému opylování. Je jen pár známých případů, kdy redukce návštěv na květech zlepšila vitalitu a početnost semen (CORBET, 1997). Všeobecně jinak platí, že produkování kvalitních semen, velkého počtu semen a vitálních potomků je spojeno s velkou četností návštěv opylovatelů na květech a pestrostí pylových zrn donesených na bliznu z různých zdrojů rostlin téhož druhu (CORBET, 1997). Navíc dochází-li jen k samoopylení, genofond populace není rozvíjen a také s úbytkem rostlin začne být ochuzován, to samozřejmě vede k dalšímu snižování schopnosti populace přežít

(CORBET, 1997). Účinnost opylování lze vyjádřit podílem množství opylovatelů na květ. Hodnota se mění v jednotlivých letech i během jediného roku. Nízká hodnota směřuje k nedostatečnému opylování, vysoká hodnota může naznačovat kromě řádného opylování nedostatečné množství zdrojů potravy pro opylovatele (CORBET, 1997). Ztráty rostlin v souvislosti s nedostatečným opylováním se dějí postupně a skrytě. To už neplatí u ztrát opylovatelů, kterých je celosvětově doložena celá řada, lokálně i geograficky. Je to stále probíhající proces, kdy mizí jednotlivé druhy, ale i celé funkční skupiny opylovatelů (CORBET, 1997). Následkem toho dochází k nedostatečnému opylování, které se nejdříve projeví u jednoletých cizosprašných entomofilních rostlin (CORBET, 1997), zvláště, nejsou-li na lokalitu šířeny semeny třeba prostřednictvím větru. Vytrvalé entomofilní rostliny postihuje nedostatek opylovatelů pozvolněji. Stárnoucí populace entomofilních druhů rostlin v lokalitě je pro to dobrým rozpoznávacím znakem poukazujícím na problémy s opylováním, na lokalitě se nevyskytují mladé rostliny (CORBET, 1997). Ve většině případů mohou být rostliny opylovány mnohými druhy včel a včely mohou získávat potravu na mnohých druzích rostlin. Neplatí to vždy, čím více je vzájemně druh rostliny a včely úžeji specializován, tím snáze je ohrožena jeho existence (CORBET, 1997). Většinou rostliny vývojově mladší jsou adaptovány na pestrou škálu opylovatelů (CORBET, 1997). Mutualismus, symbióza je výsledkem koevoluce druhů. Úzký vztah mezi včelou a druhem rostliny je v těchto případech velmi křehký a může být udržen jen ve stabilních lokalitách, proto v případech porušovaných lokalit, můžeme takové vztahy jen stěží očekávat (CORBET, 1997). Proto, abychom uchovali v jisté lokalitě rostliny, kterým hrozí vyhynutí, je nutné zajistit, aby v lokalitě působili alespoň někteří opylovatelé z funkční skupiny těchto rostlin. Samozřejmě to platí i opačně. Přičemž v případě čmeláků je třeba brát v úvahu, že funkční skupina rostlin není stejná u čmeláčích dělnic a matek (CORBET, 1997). Čmeláci převážně navštěvují trvalky, takovou rostlinou je například *Echium vulgare* L. (hadinec obecný) (CORBET, 1997). Lze říci, že druhová pestrost včel je odrazem druhové pestrosti rostlin a naopak, na základě toho lze usuzovat v jakém stavu je krajina a dle úbytku či růstu počtu odhadovat druhů jakým směrem se krajina ubírá (CORBET, 1997).

### 3.8 Antropogenní faktory působící na společenstva včel

Antropogenní faktory působící na společenstva včel lze chápat jako vědomé a nevědomé vlivy lidské činnosti projevující se v krajině a mající současně vliv na včely. Celosvětově je dokumentován úbytek včel (MCFREDERICK & LEBUHN, 2006), proto se řada vědců soustřeďuje na výzkum včel a vlivů, které působí na jejich diverzitu a densitu v krajině. Včely, Apiformes mají hlavní význam jako opylovatelé a jsou nezbytné nejen pro zajištění výnosů kulturních rostlin, ale rovněž jsou nezbytné pro udržení diverzity volně rostoucích rostlin (CORBET, 1997). Entomofilní rostliny jsou zdrojem potravy včel, její dostupnost v krajině pro opylovatelé ovlivňuje stavy populací samotářských včel (SHAVIT et al., 2009) a čmeláků (GOULSON et al., 2002). Řada studií snažících se nalézt odpovědi na úbytek včel poukazuje na to, že při nejmenším stejně velký význam na výskyt včel souvisí s jejich možnostmi hnízdit (MCFREDERICK & LEBUHN, 2006); OSBORNE et al., 2008). Proto se řada výzkumů zabývá tím, v jakých lokalitách včely žijí a jaké vlivy mají tyto lokality na populace včel. Díky tomu se následně mohou provádět ochranná opatření z hlediska uchování včelí fauny nebo opatření ke zlepšení životních podmínek pro včely v jiných lokalitách. Zkoumají se vlivy rostoucí urbanizace, opuštěné pískovny, lomy, městské parky a diskutuje se i význam botanických zahrad, které někteří vědci považují za významná refugia, zatímco jiní jim přisuzují jen malý význam (BEMBE et al., 2001).

Převážná část druhů samotářských včel hnízdí v půdě bez rostlinného porostu (PŘIDAL, 2005), její povrch je ale postupně přirozeně zarůstán rostlinami a není-li půda natolik chudá nebo nepotlačuje-li jiný vliv růst rostlin, přestává být místo vhodné k hnízdění. Ne všechny vlivy lidské činnosti mohou být jednoznačně škodlivé pro živé organismy. Heneberg et al., (2016) provedli výzkum, při kterém potvrdili, že motorkoviště, místa pro rekreační nebo závodní jízdu motorek, jsou pozitivní pro výskyt samotářských včel tím, že nedovolují pojižděním zarůstat povrch půdy a vytvářejí tím příznivé podmínky pro hnízdění samotářských včel hnízdicích v zemi. Dokonce i vysoká míra užívání motorkovišť, kdy jezdilo v průměru více jak 10 motorek denně a s tím související zvýšený pohyb lidí, pro které se sekala tráva okolo tratě pro motorky, vykazovala pozoruhodnou diverzitu včel. S ukončením pojižděním vozidel, tím že se motorkoviště přestala užívat, se povrch půdy opět začal zarůstat, a s tím diverzita včel v takové lokalitě po čase začala ubývat (HENEBERG et al., 2016). Pro udržení cenných

lokalit jako jsou opuštěné pískovny, hlinišťe, skládky popele nebo jiných lokalit ve městech nebo zemědělské krajině, kde chceme udržet nebo posílit diverzitu a densitu samotářských včel je příhodné v určitých částech lokalit příležitostně pojíždějí vozidel nebo působení jiných vlivů, které tlumí zarůstání povrchu půdy a současně není natolik intenzivní, aby včely rušilo nebo hubilo v okolí jejich hnízd (HENEBERG et al., 2016). Tvorba refugií, příhodných lokalit, pro život samotářských včel by měla vycházet i z toho, že pro hnízdění je rozhodující také půdní struktura. Půdní substrát má další vliv na tom, jaké včely budou v zemi hnízdit. Jíl není vhodný pro hnízdění veškerých samotářek, řada z nich jsou včely písčomilné (HENEBERG et al., 2016), proto podpora diverzity včel je úzce propojena i s diverzitou hnízdišť respektive ploch bez rostlinného porostu s písčitohlinitým až písčítým svrchním půdním profilem. Vhodnost takových míst mohou signalizovat druhy rostlin, pro které je tlumení rostlinného porostu občasným pojížděním vozidly rovněž žádoucí (HENEBERG et al., 2016). V České republice vznikají přirozeně povrchy bez porostu rostlin jen na strmých svazích, kde dochází k sesuvům půdy vlivem povětrnosti (HENEBERG et al., 2016). Proto jednou z možností jak posílit diverzitu včel v zemědělské krajině je citlivě v krajině rozložená tvorba nebo uchování ploch bez rostlinného porostu, která může přispět i k výskytu vzácných druhů samotářských včel, protože se ukazuje, že za nedostatkem včel v zemědělské krajině stojí spíše nemožnost hnízdit, než nedostatek potravy (HENEBERG et al., 2016). Paradoxně se tím může dosáhnout na první pohled zdánlivě škodlivou antropogenní činností, jako je pojíždění zemědělských vozidel s cílem doplnit krajinu o místa bez porostu rostlin. Další možností pro psamofilní (písčomilné) včely jsou těžbou narušená území jako pískovny, odkaliště nebo výsyvky, v nichž nacházejí podmínky, které jim poskytovala dřívější krajina navátými písky, písčnými náplavami nebo písčnými sesuvy. Území těžby písku se tím stávají významnými refugii především teplomilných druhů otevřené krajiny. Tato místa uchovávají vzácné druhy a dokonce se zde nalézají i druhy považované za vyhynulé. Takto antropogenizovaná krajina je paradoxně rekultivací toho, co dříve bylo včelám poskytováno, proto rekultivace takových území by měla být realizována tak, aby byla uchována i hnízdní místa pro včely a nebylo neprovedeno kompletní zalesnění (TROPEK & ŘEHOUNEK 2011). V podobném smyslu lze chápat i těžbu hnědého uhlí. Dochází při ní sice k rozsáhlému zdevastování krajiny, ale i zde se vytváří to, co prospívá jistým druhům včel, mezi nimi vzácným druhům, proto i při rekultivaci těžebních ploch by mělo být součástí nápravy

území ponechání některých úseků bez rekultivace, krajina tím získá další prvek, podpoří se tím její kompaktnost, která se odrazí v diverzitě druhů (HENDRYCHOVÁ & BOGUSCH, 2016). Města a jejich periférie jsou také lokalitami, kde žijí včely. S rostoucí lidskou populací se rozšiřuje zastavěná plocha, tím současně mohou včely přicházet o místa k hnízdění i zdroje potravy, nemusí to platit vždy, protože GOULSON et al., (2002) prokázali pozitivní vliv zahrad s pestrou skladbou živých rostlin na růst kolonií čmeláků a OSBORNE et al., (2008) potvrdili zahrady jako vysoce preferovaná místa pro jejich hnízdění. Také jsou druhy samotářských včel, které mohou hnízdit ve spárách chodníků, betonových ploch parkovišť a podobných místech v ulicích, které dokazují, že některých druhů se urbanizace nemusí vůbec dotknout, a dokonce jim prospívá (HAESLER, 1982). HAESLER, (1982) tak na severu Německa v městě Oldenburg zaznamenal deset druhů, z nichž některé byly dosti hojné a mezi nimi i významného opylovatele ovocných stromů *Lasioglossum sextrigatum* a jejího kleptoparazita *Nomada sheppardana*. Lze předpokládat, že charakter prováděné urbanizace a výsledná diverzita se odvíjí i od toho, jakých druhů včel a nakolik se urbanizace dotýká. Jiná studie dokládá pokles diverzity včel o více jak 21 % v důsledku 40 let probíhající urbanizace (MARTINS et al., 2013). Je-li urbanizace spojená s rostoucí zástavbou, intenzivním zemědělstvím, zavlečením nepůvodních druhů rostlin a možná také se změnou klimatu nebo konkurencí včely medonosné dochází ke snižování density populací, která předchází postupnému poklesu diverzity (MARTINS et al., 2013). Nemusí se to dokonce dotknout tolik oligolektických druhů a dokonce některých vzácných druhů, jako spíše druhů polylektických a dříve hojných, které by měly být na změny životního prostředí méně citlivé a to dokonce za situace, kdy se diverzita rostlin v oblasti zvýší (MARTINS et al., 2013). Také u velkých druhů včel se očekává, že létají dále a proto dokáží získávat potravu na mnohem větším území a jsou díky tomu odolnější vůči nepříznivým vlivům. MARTINS et al., (2013) přitom podali zprávu o 50% úbytku velkých včel, zatímco kleptoparazitických druhů, které jsou závislé na svých hostitelích a omezují jejich populace, se 40 let probíhající urbanizace skoro nedotkla. Rozvoj urbanizace probíhá na celém světě, souvisí s ní i zavlečení nepůvodních druhů rostlin, a jak už bylo řečeno, s rostoucí diverzitou rostlin vůbec nemusí korespondovat pozitivní vliv na faunu včel, nové rostliny mohou být pro včely nezajímavé a dokonce vytlačováním původních druhů rostlin mohou hodnotu stanoviště pro včely ještě více snižovat (MARTINS et al., 2013). Pro včely jsou důležité funkční

skupiny rostlin (CORBET, 1997), proto nelze jednoznačně potvrdit fakt, že s rostoucí diverzitou rostlin roste i diverzita včel (MARTINS et al., 2013), přestože jiné studie to dokládají (PŘIDAL, 2005). Konkurenční vliv včel medonosných byl za jistých podmínek potvrzen (SHAVIT et al., 2009), hlavní příčiny poklesu diverzity a density volně žijících včel ale budou patrně jiné, protože včely byly chovány ve zkoumaných oblastech a v podobné intenzitě mnohem dříve než začalo k úbytkům včel docházet, proto má-li být negativní vliv urbanizace na včelí faunu zastaven, je třeba v rámci ní myslet na zachování skladby funkčních rostlin a hnízdních míst (MARTINS et al., 2013). Mohou ale tyto podmínky dostatečně naplňovat občanské zahrady, botanické zahrady nebo parky? Například v případě botanické zahrady v Mnichově BEMBE et al., (2001) vyzkoumali pozoruhodný fakt. Tak jako rostliny vyžadují různé podmínky pro svůj zdárný růst, jsou tyto podmínky vhodné pro různé druhy včel, tedy tvorba rozmanitých podmínek pro pěstované rostliny je současně tvorbou rozmanitých podmínek pro druhy včel (BEMBE et al., 2001). Také dříve již bylo uvedeno, že podle výskyt určitých rostlin lze usuzovat na lokalitu vhodnou pro hnízdění včel (HENEBERG et al., 2016). Díky strukturování lokality mohou být botanické zahrady významnými refugii včel i v hustě obydlených a silně urbanizovaných městech, nicméně přihlédneme-li k jiným výzkumům apidofauny v botanických zahradách nejsou počty evidovaných druhů příliš velké (BEMBE et al., 2001). V roce 1998 byla provedena studie v Mnichovské botanické zahradě, kde bylo zjištěno celkem 78 druhů včel, Pádr v roce 1990 nasbíral v Botanické zahradě v Praze 55 druhů včel, zatímco jen pár kilometrů od Botanické zahrady v Mnichově vzdálený lesopark Allacher Forst je lokalitou se 130 druhy včel (BEMBE et al., 2001). Lze se domnívat, že to bude nejspíše intenzivní kultivace a neprovázanost s okolní přírodou, neboli fragmentovanost, kdy botanická zahrada, refugium včel, je široce ohraničena městskou zástavbou, které brání vyšší diverzitě (BEMBE et al., 2001). Některé samotářské včely jako například *Chelostoma florissomne* dokáže při získávání potravy překonat převýšení až 130 m a uletět až 650 m a přitom letět z velké části přes lesní porost nebo u *Hoplitis adunca* bylo dokázáno přeletění 100 m široké řeky při získávání potravy (ZURBUCHEN et al., 2010). Přesto se většina jedinců včel drží spíše blíže svého hnízdiště a už jiné studie došly k závěru, že pahorkatiny, větrolamy, les, živé ploty, frekventované silnice nebo další bariéry jsou významnými překážkami pro létající hmyz tedy i včely, které překonávají bariéry jen zřídka nebo při nutnosti vyhledat nový potravní zdroj

(ZURBUCHEN et al., 2010). Také výskyt čmeláků pozitivně ovlivňuje dostupnost potravy, dostatek míst k hnízdění a prostředí, které není fragmentem, oázou, ale naopak je vhodně a dostatečně pro opylovatele provázené dalšími lokalitami (MCFREDERICK & LEBUHN, 2006). Pro čmeláky hnízdící pouze v zemi je důležitý dostatek opuštěných nor po hlodavcích, ty mohou být jinak v lokalitách na včelí pastvu bohatých příčnou malého výskytu některých druhů čmeláků hnízdících v zemi. V takových lokalitách se pak především vyskytují ty druhy čmeláků, jejichž matky zakládají hnízda dříve, čímž předstihnou matky čmeláků hibernující delší dobu, které pak těžko nalézají v hodnou noru pro založení hnízda (MCFREDERICK & LEBUHN, 2006). Také pro čmeláky mohou botanické zahrady nebo parky být významná refugia. Dokonce řada druhů čmeláků je dost přizpůsobivá k prostředí a tolerují jeho silnou antropogenizaci, je-li však zajištěna potřeba dostatku potravních zdrojů, materiálu na stavbu hnízda, opuštěných nor po hlodavcích a rovněž i pro čmeláky je velmi prospěšné, jestliže je refugium provázané s okolím a netvoří oázu obklopenou pro včely nehostinným prostředím (MCFREDERICK & LEBUHN, 2006). Pro podporu konkurenčně znevýhodněných druhů čmeláků a tím zastavení zmenšování jejich populací lze také s výhodou využít právě botanické zahrady a osazovat je funkčními rostlinami, které daný ohrožený druh silně upřednostňuje, což jsou často nepůvodní druhy rostlin, které ve volné krajině podporovat nelze (SIKORA et al., 2016). Ve Velké Británii se stav populací čmeláků sleduje od druhé světové války (OSBORNE, 2008), díky velkému úbytku populací čmeláků byla založena řada studií a krajinných úprav s cílem poklesy populací zastavit (OSBORNE, 2008). Pokud je krajina členěna liniovými strukturami, usnadňuje orientaci v prostoru a pomáhá nalézt hnízdo (OSBORNE et al., 2008). Jsou-li v krajině ploty, zahrady, meze, větrolamy a živé ploty je navíc čmelákům poskytováno více možností k hnízdění, které poskytují další zdroje potravy, ochranu před agrotechnickými zásahy a patrně i opuštěné nory hlodavců, u kterých lze předpokládat, že tyto krajinné prvky rovněž upřednostňují (OSBORNE et al., 2008). Výzkum, který prováděli OSBORNE et al., (2008) vedl k závěru, že celkově více čmeláčích hnízd se nachází na loukách, z nichž vhodnější jsou s porostem vyšším jako 10 cm nebo v lesích, protože jejich rozloha je v krajině mnohonásobně větší než plochy liniových krajinných struktur. Jestliže ale liniové krajinné struktury v porovnání s loukami nebo lesy mají v krajině malý podíl a přitom obsahovaly až třikrát tolik hnízd na jednotku plochy, je proto zřejmé, že pro hnízdění čmeláků je liniovými strukturami členěná krajina



žádanější (OSBORNE et al., 2008). Tyto struktury současně tvoří spojnice mezi lokalitami, čímž odbourávají nepříznivý vliv fragmentace krajiny, na který jsou nejcitlivější samotářské včely, protože řada druhů létá jen několik desítek až stovek metrů od hnízda (PŘIDAL, 2005). Samotná urbanizace by neměla být chápána pouze jako vliv člověka, který vede k poklesu stavů populací včel, vždyť právě činností člověka vznikly písčokovny, hliniště, skládky popele a vlastně samotná města, která mají teplejší mikroklima, mohou být refugii i pro početné populace včel, ze kterých mnohé druhy vyhledávají stepní biotopy, skalní stepy a lesostepi s jižní a jihovýchodní expozicí, které zde nacházejí vhodnější podmínky než v okolní krajině (PÁDR, 1990). Proto bývají překvapivě města z hlediska diverzity a density druhů bohatší na samotářské včely hnízdící převážně na trvale osluněných holinách, než agrocenózy. Je to dáno právě integritou, kterou například tvoří naskládaná dřeva, nespárované zídky, uježděná půda koly vozidel, nory od hlodavců, trouchnivějící strom spolu se zahradami, pestrou skladbou dřevin a bylin a pak ruderální plochy na periferiích měst (PŘIDAL, 2005). Včela medonosná je densitou početnější v agrocenózách než v přírodních lokalitách, samotářky naopak okupují spíše přírodní lokality, nežli agrocenózy. Čmeláci stojí někde v rozmezí, okupují jak agrocenózy, tak přírodní lokality podobně dle nabídky potravy a hnízdních možností (PŘIDAL, 2005). Obnovení lokalit nebo i ochranu druhů může efektivně zajišťovat snížená míra fragmentovanosti krajiny třeba pomocí biokoridorů. Pomocí nich mohou živočichové a opylovatelé ustupovat z lokalit, jestliže se v nich odehrály nepříznivé procesy a současně se zase navracet. Bude-li zajištěna integrita krajiny, povede to ku prospěchu diverzity a density nejen opylovatelů (PŘIDAL, 2005).



**Obrázek 8: Strukturovaná krajina pro podporu diverzity včel**

## **3.9 Ochrana včel**

### **3.9.1 Kompaktnos krajiny**

Včela medonosná není pro indikaci stavu prostředí příliš vhodná (PŘIDAL, 2005), negativní vlivy prostředí mohou být tlumeny zásahy včelařů a množství včely medonosné v krajině určuje člověk. Mezi druhy rostlin a včel můžeme nalézt jiné takzvané bio-indikační druhy, což jsou druhy, jejichž výskyt v lokalitách naznačuje biologickou hodnotu prostředí, podle čehož můžeme odvozovat druhovou pestrost organismů a stav takové lokality (PŘIDAL, 2005). Mnohem lépe dokáží poukázat na stav prostředí samotářské včely, jejich diverzita a densita druhů lépe koresponduje se stavem, fragmentovaností a diverzitou rostlin lokality (PŘIDAL, 2005). Samotářské včely nekumulují zásoby potravy podobně jako včela medonosná nebo čmeláci, často jsou druhy oligoleptickými, proto jsou na změny v prostředí více citlivé (PŘIDAL, 2005). Jejich aktivní perioda bývá kratší a mají během roku různou křivku vývoje, některé se probouzejí dříve jiné později (PŘIDAL, 2005), proto potíže s potravou v lokalitě i po kratší dobu mohou vést k velkému populačnímu poklesu druhu, nebo jeho naprostému vymizení z lokality. Čmeláci jsou polyleptičtí, dokáží využívat pyl a nektar z různých rostlin v okruhu až 2 km, obvykle však v okruhu 1 km v okolí hnízda. I zemědělské entomofilní plodiny jim prospívají, především leguminózy, jako jetele a tolice vojtěška. Oproti včele medonosné tvoří jen malé zásoby, která kumulací potravy v hnízdě a schopnost získávat potravu z velkých vzdáleností s pomocí mnoha dělnic má velkou výhodu ve fragmentované krajině s výpadky zdrojů potravy během aktivní periody (PŘIDAL, 2005). Pro obnovení příznivých lokalit nebo i ochranu druhů může efektivně zajišťovat integrita krajiny zajišťující komplexnost potřeb včel zahrnující možnost založení hnízda, dále dostatek potravy během aktivní periody a případně některých druhů včel také materiál na stavbu hnízda a vzájemnou propojenost lokalit, díky čemuž mohou živočichové a opylovatelé ustupovat z lokalit, jestliže se v nich udály nepříznivé procesy a současně se zase navracet. Splnění toho je podstatná část pro zajištění ochrany včel, kterou ve skutečnosti může tvořit například biokoridor, který dokáže propojit dvě lokality, které se mohou vzájemně druhově obohatit a umožní se tím i zmíněná migrace včel. Čím více je krajina fragmentovaná, tím menší diverzitu druhů včel i rostlin lze očekávat (PŘIDAL, 2005). Správná ochranná opatření tlumící vliv intenzivního obdělávání, chránící původní rostliny, zajišťující dostatek míst

k hnízdění vedou k mozaikovitě struktuře krajiny, kde je  $\frac{3}{4}$  půdy využívané k pěstování a  $\frac{1}{4}$  celkové oblasti tvoří remízky, meze, louky, polní cesty, pastviny a jiné ekologicky prospěšné prvky, které vytvoří ekologicky stabilnější celek, který prospěje nejen včelám (BANASZAK, 1992). V rekultivovaném prostředí se to projevuje poklesem density, nejde však o pokles density vedoucí k vymření druhu jak uvádí MARTINS et al., (2013), ale v tomto případě dojde ke vzrůstu nebo uchování druhové diverzity včel (BANASZAK, 1992). Intenzivní zemědělství využívá ve velké míře pesticidy, které slouží k ochraně kulturních rostlin, ale přitom mohou škodit především samotářským včelám, u kterých se na ně projevuje vyšší citlivost (PŘIDAL, 2005). Proto ochrana včel nesmí dovolovat špatnou aplikaci těchto přípravků, kdy se nedodrží doba aplikace, koncentrace přípravků, nebo se dělají nepovolené směsi postřiků. Strukturovaná krajiny s obdělávanou půdou umožňuje i život hlodavcům, kteří zanechávají opuštěné nory. Na neobdělávané půdě jsou rovněž chráněny hibernující samičky a založená hnízda čmeláků (PŘIDAL, 2005). Nejhůře působí na opylovatele devastace míst k hnízdění, dočasné narušení zdrojů potravy nebývá natolik fatální (PŘIDAL, 2005). Zvyšováním podílu hnízdních ploch přispíváme k diverzitě a densitě druhů, děje se tak ale jen do jisté míry, neboť v jisté fázi přestává stačit populacím množství živných rostlin (PŘIDAL, 2005). Přítomnost člověka v lokalitě může vést i k podpoře hnízdění včel, protože lidská sídla a zázemí poskytují skladované dřevo, přístupné kůlny, vyholená místa půdy od pojezdů automobilů nebo chodců.

### **3.9.2 Sečení lučních porostů**

Pokud se snižuje druhová skladba rostlin, klesá diverzita včel (BANASZAK, 1992), přitom diverzita rostlin stoupá se stářím louky a také se správností jejího obhospodařování (PŘIDAL, 2005), proto s ochranou včel ale i rostlin souvisí sečení lučních porostů. Luční společenstva rostlin poskytují bohatou včelí pastvu. Je-li na louky vyvíjen intenzivní pícninářský tlak, kdy jsou louky intenzivně hnojeny a násobně sečeny, stávají se takové luční porosty druhově chudé. S nízkou diverzitou rostlin následně souvisí i nízká diverzita opylovatelů a celková úživnost porostu klesá. V chráněných oblastech se doporučuje sekat jednou ročně, udržuje se tím bohatá diverzita společenstev a šetří se finanční prostředky (PŘIDAL, 2005). Totální kosení ale diverzitě včel ani rostlin neprospívá. Posečením velké plochy (včelí pastvy) naráz, kdy není v blízkosti náhradní zdroj, vede celkově k poklesům diverzity a density

opylovatelů. Při potřebě sekat velké plochy naráz je řešením ponechávat živné pásy, dle velikosti sečené plochy a případných náhradních zdrojů potravy. Živné pásy se posečou až příští rok, kdy se jako živné pásy ponechají opět jiné části louky (PŘIDAL, 2005). Proto pokosení lučních porostů nemusí být natolik ničivé, je-li provedeno ve větším rozsahu, přestože snižuje hustotu včel na daném místě. Vede ale přitom k uchování skladby rostlin, je-li prováděno ve vhodnou dobu. Je však dobré nechávat část porostů, které se posečou až na konci vegetace a ne každý rok, tak aby nezarostla křovinami a přitom umožnila hnízdění například druhům z rodů *Hylaeus* a *Ceratina*, které hnízdí ve stoncích (PŘIDAL, 2005). Sečení lučních porostů nebo pícnin sloužících ke zkrmování jako je například vojtěška může vést k hubení především včel medonosných. V případě lučních porostů jsou do jisté míry hubeni všichni opylovatelé. Nebezpečné jsou mulčovače v případě lučních porostů a sečení pícnin s použitím drtiče. Přestože jsou samotářské včely obezřetné a dokáží před traktorem uniknout, u čmeláků sajících nektar z vydatného zdroje bývá obtížné rychle uniknout před sekacím nebo mulčovacím ústrojím. Mulčovací ústrojí rozbije rostliny natolik, že semena, která by po posečení mohla ještě dozrát, nedozrají. Proto je vhodnější sekat luční porosty rotačními (bubnovými) sekačkami typu ZTR. Pícniny sekat v době od 18: 00 do 8: 00 nebo je-li zataženo a v porostu pozorována nejvíce jedna včela na 1 m<sup>2</sup>. Sekací ústrojí, které rostliny drtí zahubí při plném náletu včel až 60 % létavek (PŘIDAL, 2005). Sečení je ohrožující pro čmeláky hnízdících na povrchu, je pro ně žádoucí ponechávat část ploch ladem, prospívá to i některým bylinám (PŘIDAL, 2005). Na ochranu čmeláků byla vydána vyhláška č. 395/1992 Sb. o ochraně živočichů, která zakazuje vypalování sařiny a křovin v době kdy přezimované matky zakládají hnízda (KRIEG et al., 2009).

### **3.9.3 Parazité a zavlečené druhy včel**

V Hymenoptera je řada druhů, které dokáží parazitovat na včelách. Většinou početnost a diverzita druhů včel v lokalitách koresponduje s počtem a diverzitou jejich parazitů (PŘIDAL, 2005). Lze proto říci, že zaznamenaný výskyt především kleptoparazitů včel poukazuje na diverzitivně nebo přinejmenším co do počtu jedinců jistého druhu na bohatou lokalitu. Vážnějším rizikem pro včely mohou zavlečené nepůvodní druhy, které by konkurovaly druhům původním jako například *Bombus terrestris* L. jehož matky časněji zakládají hnízda a berou tím možnost hnízdit v Japonsku původnímu druhu *Bombus hypocrita sapporoensis* (INOUE et al., 2008).

### **3.10 Podmínky pro faunu včel pro potřeby opylování**

#### **3.10.1 Je kvalita potravní nabídky jedinou zárukou diverzity včel?**

Stejně velký vliv na společenstva včel, jako dostatek potravy, má dostatek míst k hnízdění (MCFREDERICK & LEBUHN, 2006; OSBORNE et al., 2008). Krajina by měla být kompaktní a poskytovat tak včelám potravu i možnosti k hnízdění (PŘIDAL, 2005). Převážná část druhů včel hnízdí v půdě (PŘIDAL, 2005), poskytnutím hnízdních ploch v podobě výhřevných holin, může výrazně obohatit společenstvo včel nejen v agrocenózách (HENEBERG et al., 2016). Zajištěním kompaktnosti krajiny pro potřeby samotářských včel se myslí v rámci krátkého akčního doletu včel poskytnout zdroje potravy a možnost hnízdit.

#### Opylování sadů (cizosprašných a auto-inkompatibilních odrůd):

Včela medonosná je univerzální a hojně rozšířený opylovatel (PŘIDAL, 2005), pročasné jarní opylování lze přísunem včelstev zajistit velké množství pracujících včel na květech ovocných kultur. Včela medonosná je florokonstatní, při opylování se pohybuje převážně po téže druhu rostliny (PŘIDAL, 2005), je to důležité, při opylování cizosprašných odrůd. V sadech mohou současně s ovocnými druhy kvést konkurenční druhy plevelů, které nelze považovat vždy jako konkurenční z hlediska opylování (BENEDEK et al., 1998) a naopak mohou být chápány jako atraktant, přitahující druhy včel k opylování do vnitřních částí sadů. Vliv konkurenčních plevelů lze případně potlačit posečením, podporou diverzity včel, vyšším přísunem včelstev včely medonosné nebo volbou odrůdy při zakládání sadu. Dále je vhodné v rámci údržby sadu zajišťovat, nebo co nejlépe pěstovaných kultur, podporu volně žijících samotářských včel a čmeláků aktivních v době časného jara a zvýšit tím jejich početnost v časném jarním období. Dle možností okolí nebo sadů podporovat bohatě a celoročně kvetoucí luční porosty s dostatkem živých rostlin, vytvářet liniové prvky například z živých plotů, v místě sadů podporovat drobné hlodavce pro vznik nor, udržovat existenci hlinitopísčitých holin s teplou expozicí třeba s pomocí pojezdů techniky a ponechávat část lučního porostu celoročně, ne však trvale, nesečenou. Luční porost sekat tehdy, aby byla obnovující semena už zralá (KRIEG et al., 2009). Zvýšením diverzity především časně na jaře působících opylovatelů podpoříme opylování za nepříznivého počasí a

v případě auto-inkompatibilních odrůd dosáhneme četnějších přeletů včel mezi řadami s odlišnými odrůdami, opylovači.

#### Opylování zelenin a LAKR:

Zelenina a LAKR jsou především hmyzosnubné a cizosprašné rostliny (MELICHAR et al., 1997), pro vysokou produkci osiva, plodů nebo semen jako drogy, je třeba zajištění řádného opylování (McGREGOR, 1976), užívá se přednostně včela medonosná. Velikost a hmotnost plodů řady plodin je příznivě ovlivněna opylováním (DAG, 2009). Také pro opylování v technické izolaci je vhodná včela medonosná, zajišťuje kvalitní a ekonomické opylování (DUŠEK et al., 2010). Využívání včel medonosných ve sklenících komplikuje málo potravy poskytované plodinami ve skleníku, což by mohlo odstranit možnost letu včel i do okolní přírody, pokud by byly úly při stěně skleníku s možností vstupu včel do skleníku (DAG, 2009). U časně kvetoucích košťálovin je výhodné pojistit opylování čmeláky, kteří létají při teplotách nad 6 °C (DUŠEK et al., 2010). Také pro skleníky a fóliovníky jsou čmeláci vhodnější, netrpí tolik stresem a lépe zvládají uzavřený prostor (DUŠEK et al., 2010). Některé vyšlechtěné odrůdy s neatraktivními květy jsou těžko řešitelný problém (DEVI et al., 2015), který by mohl být řešen zahrnutím atraktivity květu do procesu šlechtění, atraktivitu květu určuje především kvalita nektaru (PŘIDAL, 2005). Také v případě opylování zeleniny a LAKR mohou volně žijící opylovatelé podpořit produkci semen a plodů (DUŠEK & DUŠKOVÁ, 2012), je však třeba jim poskytnout optimální podmínky pro hnízdění a další pestré zdroje potravy co nejbližší kulturních plodin po celou aktivní část periody (STEFFAN-DEWENTER & TSHARNTKE, 1997). Pomoci tomu lze meziplodinami jako zelené hnojení zlepšující vlastnosti půdy a současně vyplňující mezery ve včelí pastvě (KRIEG et al., 2009). Vysoká diverzita opylovatelů je vhodná také při pěstování dvoudomých rostlin pro produkci osiva, jako je chřest, kdy při produkci semen se pěstují především samičí rostliny, vysoká diverzita různých včel v porostu by měla přispět k vyššímu přeletování včel medonosných mezi samčímí a samičímí rostlinami (CLAIRE et al., 2013). Diverzitu včel pro potřeby opylování také podporuje propojenost prostředí, umožňuje migrace včel (PŘIDAL, 2005). Vzhledem k malému akčnímu okruhu samotářských včel s nimi nelze počítat při opylování rozsáhlých monokultur, na menších členěných polích může být jejich pozitivní vliv využit lépe, tomu právě mohla odpovídat produkce osiva zelenin a speciálních rostlin

při současném zajištění prostorové izolace. I opylování zelenin a LAKR mohou atraktivitou konkurovat jiné kvetoucí porosty, obvyklým řešením je přisunutí většího množství včelstev, také vysoká diverzita včel může v těchto případech zajistit, že i méně atraktivní plodina bude opylována právě samotářskými včelami převážněji působícími na méně atraktivních zdrojích potravy (PŘIDAL, 2005).

#### Opylování volně žijících rostlin a uchování diverzity:

Jestliže by krajina přišla o majoritní opylovatele, což jsou včela medonosná, čmeláci a samotářské včely, postupně by zůstaly jen anemofilní rostliny (PŘIDAL, 2005). Pro uchování biodiverzity je třeba podporovat čmeláky a samotářské včely. Mezi včelou medonosnou a volně žijícími včelami dochází k jisté konkurenci (SHAVIT et al., 2009), která je ovlivňována průběhem počasí (GOULSON et al., 2008). Jistá konkurence mezi faunou včel je potvrzena, ale snad i díky tomu, různé druhy včel v krajině využívají různé zdroje potravy, jak uvádí (PŘIDAL, 2005), a tím nedochází ke kumulaci jen na vydatných nebo jinak významných zdrojích, což je důležité pro udržení biodiverzity, kdy je zajištěno opylování všem entomofilním rostlinám. Při zajišťování řízeného opylování a s tím spojeného umístění včelstev včel medonosných v krajině by však mělo být realizováno s uvážením možného narušení populací volně žijících samotářských včel (SHAVIT et al., 2009) a čmeláků (GOULSON & SPARROW, 2008), zejména v lokalitách s nedostatkem potravy a vzácnou faunou včel nebo i agrocenózách v době nedostatku potravy následkem sucha, aby nedocházelo k poklesům density nebo diverzity volně žijících včel (THOMSON, 2016). Jsou to především samotářské včely, které mají hlavní význam při opylování biotopů (SHAVIT et al., 2009). V dnešní době není hlavní problém technika opylování rostlin opylovateli, jako spíše citlivé a efektivně fungující zahradnictví nebo zemědělství zasazené do krajiny spojené s ochranou diverzity včel, která je ochranou diverzity rostlin. Opylování rostlin je důležité a někdy komplikované, ale velkoplošné zavádění plodin nejen v semenné produkci pro včely neatraktivních nebo nevyžadující opylování včelami, zvláště na velkých plochách může vést ke snižování dostupné včelí potravy v území, což povede k poklesu populací včel a následně k poklesu diverzity rostlin. Zemědělství i zahradnictví přímo souvisí s ekologií, působí na populace včel, které ovlivňují populace rostlin. Nešetrné zemědělství nebo zahradnictví má i tímto způsobem vliv na okolní krajinu.

## 4 MATERIÁL A METODY

### 4.1 Popis lokalit a období sběrů včel

Sběry včel byly prováděny na třech lokalitách v Olomouci v místní části Nový svět a poblíž Nemilan v období od června do září v roce 2016.



Všechny lokality byly přibližně v nadmořské výšce okolo 209 m n.

**Obrázek 9: Periferie města Olomouce - Nový svět: červeně jsou vyznačené zkoumané lokality: 1 – pokusná plocha VÚRV, 2 – kontrolní sousedící plocha – Holický remíz a 3 – kontrolní vzdálenější plocha Nemilanský remíz (ČUZK, 2017)**

m. Lokality č. 1 a č. 2 spolu přímo sousedily, jejich přibližné středy byly od sebe vzdáleny zhruba 500 m. Lokalita č. 3 byla od nich vzdálenější. Od přibližného středu lokality č. 2 byla lokalita č. 3 vzdálena zhruba 2000 m a od přibližného středu lokality č. 1 byla lokalita č. 3 vzdálena zhruba 2500 m. Sbíralo se za jednotných podmínek, tedy během jasného a teplotně příznivého počasí během jednoho dne postupně na všech lokalitách. Doba sběru na jedné lokalitě byla přesně 90 minut. Začátek denního sběru byl v 10:00 hodin. Pořadí navštívených lokalit během všech osmi sběrů bylo střídáno, aby bylo dosaženo jednotných podmínek, jak uvádí rozvrh v tabulce 1. Rozsah lokalit a rozložení kvetoucích porostů byli natolik velké, že během pevné doby sběru 1,5 hodiny nemohlo dojít k opakovanému sběru na témže místě a tedy zkreslení výsledků tím, že na místě už byly včely sbírány. Metoda, pomůcky, postup a vyhodnocení vycházeli z Metod sběru a preparace hmyzu (NOVÁK et al., 1969).

**Tabulka 1: Rozvrh pořadí a datum navštívení lokalit**

Denní doba sběru	Pořadí lokality		
	10:00-11:30 h	1. Výzkumný ustav	3. U dálnice
12:00-13:30 h	2. Holický les	1. Výzkumný ustav	3. U dálnice
14:00-15:30 h	3. U dálnice	2. Holický les	1. Výzkumný ustav
Datum sběru	7.6.2016	24.6.2016	23.7.2016
	4.8.2016	7.8.2016	20.8.2016
	27.8.2016	13.9.2016	



## 1. Výzkumný ústav rostlinné výroby - VÚRV:

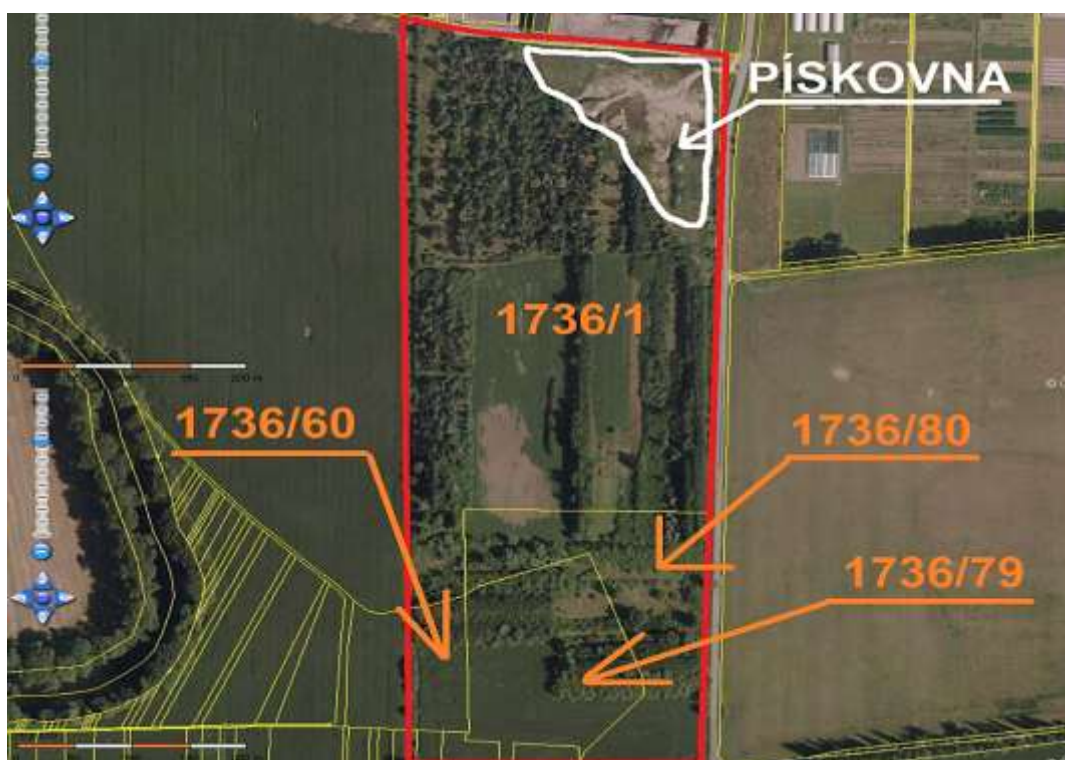
Pokusná plocha byla určena v místní části Olomouce nazývané Žákovec v areálu Výzkumného ústavu rostlinné výroby (Olomouc - Holice, Šlechtitelů 29). Tato místní část spadá do katastrálního území Holice. Zkoumanou plochou byly parcely 1723/1, 1726/1 a 1723/2 v katastrálním území Nový svět u Olomouce (ČUZK, 2017). Na lokalitě č. 1 Výzkumný ústav (VÚRV) se vyskytovaly speciální rostliny (léčivé, aromatické a technické rostliny) pěstované v řádkových záhonech nebo na malých polích. Většina travnaté plochy byla pravidelně udržována sečením do výšky 0,1 m, jen menší část byla ponechána jako luční porost. V lokalitě se nevyskytovali stromy nebo keře. Samotářské včely zde měli hliněný násep nebo travou nepokryté plochy půdy, které byly vhodné k hnízdění některých druhů. Hnízda byla pozorována. V lokalitě bylo umístěno 20 včelstev. Tato lokalita byla člověkem zcela udržovaná, s velkou člověkem ovlivněnou diverzitou rostlin tvořenou pleveli a kulturními rostlinami.



Obrázek 10: 1 VÚRV - vymezeno červenou čarou (ČUZK, 2017)

## 2. Holický remíz:

Pokusná (kontrolní) plocha byla určena v místní části Olomouce nazývané Zákopa. Tato místní část také spadá do katastrálního území Holice. Lokalita č. 2. Holický remíz sousedí s lokalitou č. 1 Výzkumný ústav. Zkoumanou plochou byly parcely 1736/1 (jen přibližně její polovina nevyužívaná jako pole), 1736/60 (jen polovina), 1736/79, 1736/80 v katastrálním území Nový svět u Olomouce (ČUZK, 2017). Na lokalitě č. 2 Holický remíz se vyskytovaly spolu s travnatými plochami i zapojené porosty keřů, stromů a malá pole. Většina travnaté plochy zde není pravidelně udržována sečením, je ponechána jako luční porost. Samotářské včely zde mají rovněž k dispozici hliněný násep a písčito-hlinitý substrát v části bývalé pískovny nebo travou nepokryté plochy půdy při okraji polní cesty, které mohou být vhodné k hnízdění některých druhů. Hnízda byla pozorována. Především v části vymezené jako bývalá pískovna rostla rumištní společenstva rostlin. Lokalita je člověkem zcela neudržována, nebereme-li v úvahu pole. Přesto má antropogenní charakter, hlavně část bývalé pískovny, člověkem opuštěného místa.



Obrázek 11: 2 Holický REMÍZ - vymezeno červenou čarou (ČUZK, 2017)

### 3. Nemilanský remíz:

Pokusná (kontrolní) plocha byla určena v části nazývané U Moravy poblíž místa, kde se kříží dálnice D 35 a silnice 435. Lokalita patří do katastrálního území Nemilany, jen její malá část je součástí katastrálního území Holice. Lokalita č. 3. U dálnice byla více vzdálena od lokalit č. 1 a č. 2. Tvořila ji část na levém a pravém břehu řeky Moravy. Zkoumanou plochou byly parcely 2002/2 (jen přibližně její polovina), 1798/1 (jen malý usek při okraji pole), 954/19 (jen část parcely), 950/28 (jen část parcely), 1247/175 (jen část parcely), 1247/176 (jen část parcely), 1247/178 (jen část parcely), 1247/179, 982/1, 990/1, 990/7, 990/32, 990/33, 990/38, a 990/45. Vymezení úseků lokality upřesňuje obrázek. (ČUZK, 2017) Na lokalitě č. 3 Nemilanský remíz se vyskytovaly spolu s travnatými plochami i zapojené porosty keřů, stromů a polní kultury. Část travnaté plochy okolo dálnice a silnic je jednou ročně posečena. Jen parcela 2002/2 mohla být označena jako luční porost. Samotářské včely zde mají rovněž k dispozici travou nepokryté plochy půdy při okraji cesty a pod dálničním mostem, které mohou být vhodné k hnízdění některých druhů. Hnízda byla pozorována.



Obrázek 12: 3 Nemilanský remíz - vymezeno červenou čarou (ČUZK, 2017)

## 5 VÝSLEDKY

Sběr na každé lokalitě trval vždy 1,5 hodiny, na každé lokalitě bylo provedeno osm sběrů, sbíralo se celkem 12 hodin na každé lokalitě za shodného a příznivého počasí. V tabulce 2 je uveden celkový přehled počtu zjištěných jedinců. Nejvíce

bylo zjištěno na pokusné ploše VÚRV a nejméně na vzdálenější kontrolní ploše v Nemilanském remízu. Nejvíce samotárek bylo zjištěno na sousední kontrolní ploše v Holickém remízu.

**Tabulka 2: Počet jedinců v lokalitě**

POČET JEDINCŮ			
lokalita	samotářky	čmeláci	celkem
VÚRV	267	2029	<b>2296</b>
Holický remíz	513	111	<b>624</b>
Nemilanský remíz	249	73	<b>322</b>
celkem	1029	2213	3242

### Statistická analýza

Rozdíly mezi středními hodnotami počtu jedinců či parametry alfa diversity byly testovány analýzou variance. Průkaznost rozdílů byla posuzována na hladině významnosti  $\alpha=0,05$

**Tabulka 3: Četnost jedinců včel chycených za jeden den**

datum sběru	POČET JEDINCŮ (včetně čmeláků)			celkem / den
	VÚRV	Holický remíz	Nemilanský remíz	
7.6.2016	556	222	36	<b>814</b>
24.6.2016	1165	89	33	<b>1287</b>
23.7.2016	430	104	50	<b>584</b>
4.8.2016	35	72	90	<b>197</b>
7.8.2016	40	59	59	<b>158</b>
20.8.2016	29	33	26	<b>88</b>
27.8.2016	19	31	15	<b>65</b>
13.9.2016	22	14	13	<b>49</b>
průměr/den	<b>287,0</b>	<b>78,0</b>	<b>40,3</b>	3242

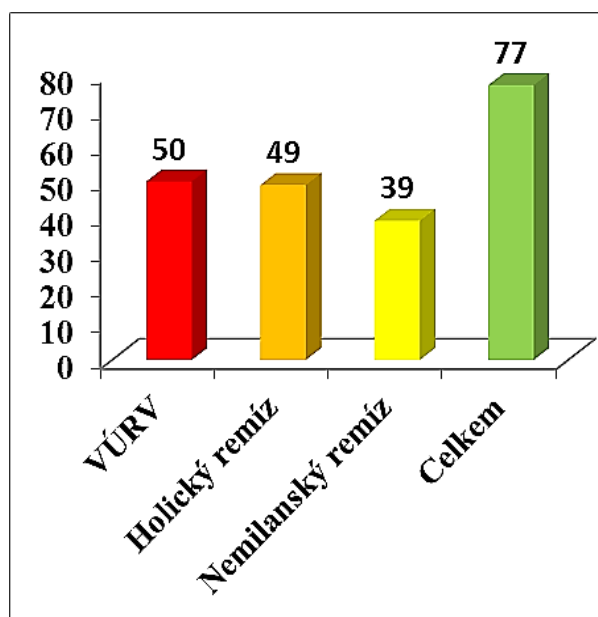
V tabulce 3 jsou uvedeny počty jedinců včetně čmeláků každý den zvlášť. Analýza variance nepotvrdila, že by se rozdíly mezi průměrným denním počtem zjištěných jedinců se lišil statisticky průkazně ( $F=2,409$ ,  $p=0,0114$ ) v závislosti na lokalitě, i když počty včel ve VÚRV byly výrazně vyšší v porovnání s kontrolními plochami. Toto navýšení způsobili zejména čmeláci.



### Výsledky- samotářské včely

Celkem bylo nasbíráno 77 druhů, tj. 14 % druhů moravské fauny včel. Počty jedinců dle lokalit jsou na obr. 17.

V tabulce 5 jsou uvedeny parametry charakterizující alfa diversitu. Z těchto parametrů vyplývá, že nejvíce druhů, s nejvyšší diverzitou a nevyšší ekvitabilitou bylo zjištěno na pokusné ploše. Naopak nejnižší tyto parametry byly potvrzeny pro vzdálenější kontrolní plochu Nemilanský remíz.



Obrázek 13: Počty druhů v lokalitách

Tabulka 4: Alfa-diverzita – samotářské včely

Alfa diversita			
	VÚRV	Holický remíz	Nemilanský remíz
Shannonův index $H' =$	3,23	2,97	2,47
Ekvitabilita pro $E =$	0,83	0,76	0,67
Simpsonův index $c =$	0,06	0,09	0,17

Tabulka 5: Tabulka 6: Analýza variance diverzity vyjádřené jako průměrnou diverzitu v den sběru (n=8)

$H'$	Průměrná hodnota $H'$	Hodnota P
VÚVR	2,393	0,092
Holický remíz	2,375	
Nemilanský remíz	1,991	
E	Průměrná hodnota E	Hodnota P
VÚVR	0,925	0,290
Holický remíz	0,851	
Nemilanský remíz	0,862	
c	Průměrná hodnota c	Hodnota P
VÚVR	0,112	0,127
Holický remíz	0,144	
Nemilanský remíz	0,200	

Při testování rozdílů v průměrné denní diverzity a ekvitability (tab. 6) nebylo potvrzeno, že by se hodnoty lišily se statistickou významností ( $p > 0,05$ ).

**Tabulka 6: Indikační druhy včel - 4,7% všech jedinců**

VÚRV	Holický remíz	Nemilanský remíz	DRUH
x			<i>Andrena labialis</i>
x			<i>Andrena tibialis</i>
x			<i>Coelioxys mandibularis</i>
	x		<i>Colletes fodiens</i>
x			<i>Eucera longicornis</i>
x			<i>Eucera nigrescens</i>
x		x	<i>Evylaeus clypearis</i>
	x	x	<i>Evylaeus lucidulus</i>
	x		<i>Evylaeus punctatissimus</i>
	x	x	<i>Evylaeus sabulosus</i>
x		x	<i>Hylaeus cornutus</i>
		x	<i>Hylaeus intermedius</i>
x			<i>Hylaeus leptcephalus</i> (Morawitz, 1870)
x	x	x	<i>Hylaeus moricei</i>
	x		<i>Melitta nigricans</i>
x			<i>Seladonia seladonia</i>
<b>10</b>	<b>6</b>	<b>6</b>	<b>16</b>

Z celkových 1029 jedinců samotářských včel bylo vybráno 4,7 % jedinců, které představují hlavní indikační druhy a zjištěny byly převážně ve VÚRV. Vzácnější, méně se vyskytující druhy byly *Andrena labialis*, *Andrena tibialis* a *Coelioxys mandibularis* v nepatrné početnosti chyceny v červnu ve VÚRV. Teplomilný druh *Colletes fodiens*, jen lokálně se vyskytující, byl doložen jen jediným samcem z Holického remízu. Významné byly i *Eucera longicornis*, *Eucera nigrescens* z VÚRV indikující nízké narušení prostředí a *Evylaeus clypearis*, který je v ČR ohroženým teplomilným druhem nacházeným hlavně na Moravě (Mohelno). Byl také překvapivě ve vzorku z Nemilanského remízu, v lokalitě s nejchudší diverzitou včel a rostlin bez pozorované čeledě Lamiaceae, na kterou se přitom někdy uvádí jako oligolektický. Ve více vzorcích z Holického remízu a Nemilanského remízu se jen málo jedinci podařilo zachytit lokální druh indikující nenarušenost prostředí *Evylaeus lucidulus* a *Evylaeus sabulosus*, který jako příbuzný s *Evylaeus sexstrigatus* se od něj rozlišuje teprve od roku 1999. Pouze v Holickém remízu jen jediným samcem byl potvrzen výskyt *Evylaeus punctatissimus*, který v ČR tvoří jen malopopčetné populace a nálezem páru byl potvrzen *Melitta nigricans*, který je vzácný druh oligolektický na rod *Lythrum* spp., který byl sporadicky, jako *Lythrum salicaria* – kyprej vrbice, evidovaný na všech lokalitách. Ve VÚRV jen málo jedinců byl doložen na Moravě další výskyt *Hylaeus leptcephalus* (Morawitz, 1870), který je teplomilný a v ČR se vyskytuje jen ojediněle na nejteplejších lokalitách jižní Moravy. Dále se potvrdil výskyt *Seladonia seladonia*, v ČR velmi vzácný kriticky ohrožený druh rovněž nejteplejších lokalit jižní Moravy a také byl ve VÚRV potvrzen výskyt *Hylaeus cornutus* indikující nenarušené prostředí. Tento druh se přitom objevil i ve vzorcích z Nemilanského remízu *Hylaeus moricei* je lokální druh, na Olomoucku datovaný od roku 1930, indikující nenarušenost prostředí, který je velice citlivý a rychle ustupuje, potvrdil zde pro něj stabilní podmínky a byl jen málo jedinců potvrzen na všech lokalitách.

**Dominance – samotářské včely (počty druhů nahrazeny procenty):**

**VÚVR + Hol. remíz + Nem. remíz :**

V oblasti převažují subrecedentní druhy.

Eudominantními druhy:

*Halictus simplex* 13,4%

*Evylaeus politus* 11,8%

*Seladonia subaurata* 11,1%

*Evylaeus pauxillus* 10,4%

**VÚRV:**

V porovnání dominancí oblasti, subrecedentních druhů je méně.

Eudominantními druhy byly:

*Evylaeus malachurus* 14,6%

*Halictus simplex* 11,2%

**Holický remíz:**

V porovnání dominancí oblasti, subrecedentních druhů je méně.

Eudominantními druhy:

*Halictus simplex* 17,7%

*Evylaeus pauxillus* 15,4%

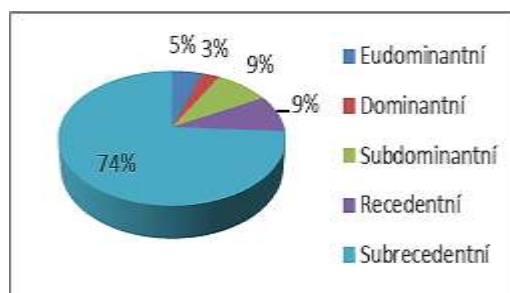
*Seladonia subaurata* 13,4%

**Nemilanský remíz:**

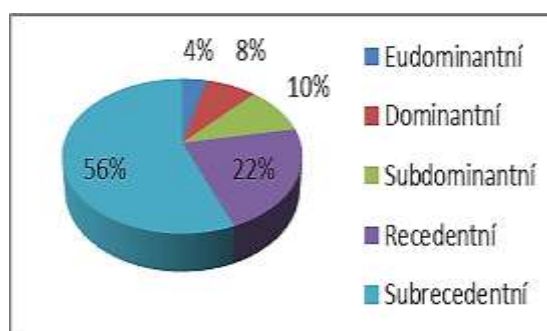
Eudominantními druhy:

*Evylaeus politus* 36,9%

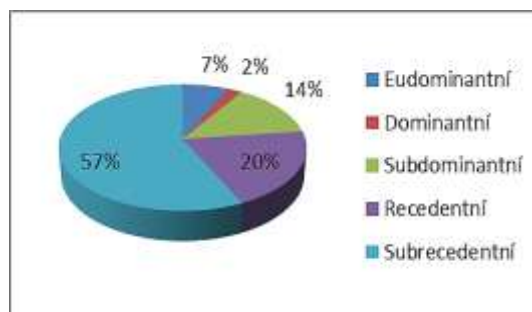
*Evylaeus morio* 10,8%



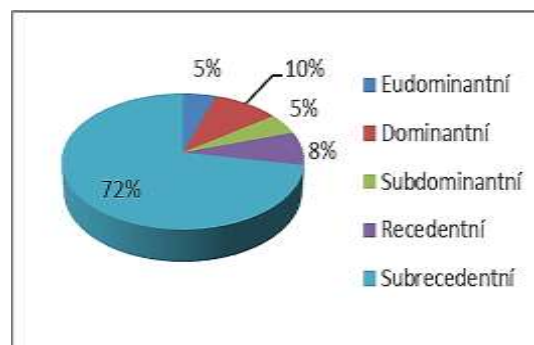
**Obrázek 14: Dominance lokality**



**Obrázek 15: Dominance druhů v VÚRV**

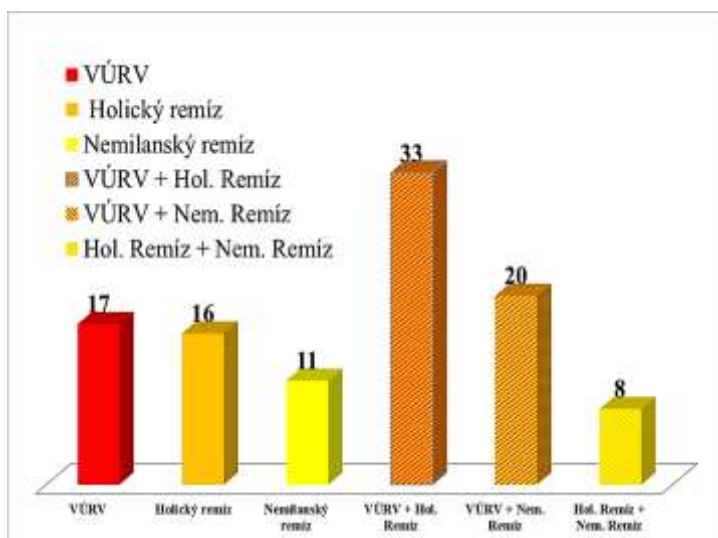


**Obrázek 16: Dominance druhů v Holickém remízu**



**Obrázek 17: Dominance druhů v Nemilanském remízu**

### Podobnost druhů lokalit a Jackardův index podobnosti:



**Obrázek 18: Druhy samotářských včel výhradně v jediné lokalitě nebo s výskytem výhradně ve dvou lokalitách současně**

Výsledky ukazují, že počet společných druhů ve dvou vybraných plochách (beta diversity) je vždy vyšší, když je zařazena do hodnocení plocha pokusná. Pokud jsou srovnávány plochy kontrolní, podobnost je výrazně nižší, a to vyjádřeno jak počtem společných druhů (obr. 22) tak i Jackardovým indexem (tab. 7).

**Tabulka 7: Společné druhy včel na lokalitách**

Kombinace lokalit	Jackardův index
VÚRV + Holický remíz	50%
VÚRV + Nemilanský remíz	29%
Holický remíz + Nemilanský remíz	10%

Nejvyšší podobnosti ve výskytu druhů včel je mezi lokalitami VÚRV a Holický remíz.

Analýza variance průměrného denního počtu zjištěných včel

**Tabulka 8: Četnost jedinců samotářských včel za den**

datum sběru	POČET JEDINCŮ (bez čmeláků)			celkem/ den
	VÚRV	Holický remíz	Nemilanský remíz	
7.6.2016	101	219	11	<b>331</b>
24.6.2016	37	56	11	<b>104</b>
23.7.2016	32	61	35	<b>128</b>
4.8.2016	26	63	88	<b>177</b>
7.8.2016	31	54	55	<b>140</b>
20.8.2016	16	19	24	<b>59</b>
27.8.2016	15	29	14	<b>58</b>
13.9.2016	9	12	11	<b>32</b>
průměr/den	<b>33,4</b>	<b>64,1</b>	<b>31,1</b>	129

(bez čmeláků) dosáhla hodnoty  $F_{2,7} = 1,379$ , což je nižší oproti kritické hodnotě  $F$  ( $p=0,274$  a proto rozdíly v dolním řádku tab. 8 nelze považovat za statisticky významné, a to přesto, že počet jedinců v Holickém remízu byl téměř dvojnásobný oproti dalším plochám.



**Tabulka 9: Počet chycených druhů samotářek za den**

datum sběru	POČET DRUHŮ (bez čmeláků)			celkem/ den
	VÚRV	Holický remíz	Nemilanský remíz	
7.6.2016	26	33	10	69
24.6.2016	19	20	10	49
23.7.2016	14	25	16	55
4.8.2016	11	19	11	41
7.8.2016	14	17	11	42
20.8.2016	10	12	14	36
27.8.2016	13	14	12	39
13.9.2016	8	6	4	18
průměr/den	14,4	18,3	11,0	349

Analýza variance průměrného počtu druhů denně zjištěných (tab. 9) přinesla obdobné výsledky:  $F_{2,7} = 2,624$ ,  $p=0,096$ . Tedy ani rozdíly v počtu denně zjištěných druhů nelze považovat za průkazné.

### Výsledky – čmeláci:

Celkem bylo v každé lokalitě pozorováno 5 druhů, To bylo jen 29 % (KRIEG, 2009)druhů z Moravy. *Bombus lucorum* L. jako *Bombus terrestris* L. sensu lato.

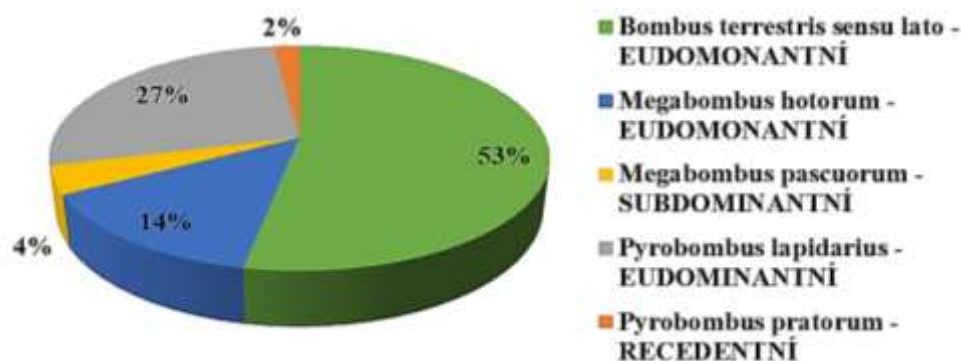
**Tabulka 10: Počty čmeláků napočítaných v lokalitách**

Počty čmeláků napočítaných v lokalitách				
Druh	VÚVR	Holický remíz	Nemilanský remíz	druh celkem
<b>Bombus terrestris sensu lato</b>	1096	64	16	1176
<b>Megabombus hotorum</b>	298	7	15	320
<b>Megabombus pascuorum</b>	47	2	29	78
<b>Pyrobombus lapidarius</b>	548	35	7	590
<b>Pyrobombus pratorum</b>	40	3	6	49
<b>celková četnost v lokalitě</b>	<b>2029</b>	<b>111</b>	<b>73</b>	

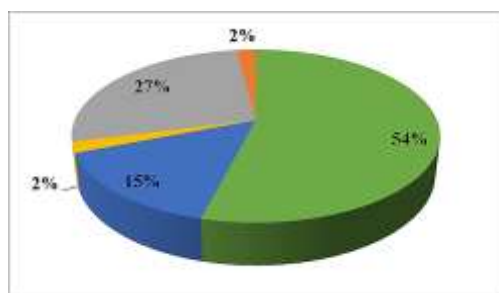
**Dominance – čmeláci:** Eudominantní > 10 %, dominantní 5-10%, subdominantní 2-5%, recedentní 1-2%, subrecedentní < 1%.

**Tabulka 11: Dominance čmeláků v lokalitách**

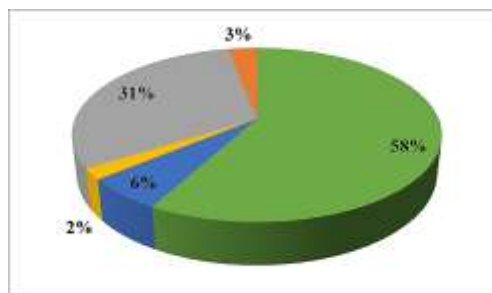
DRUH	VÚVR	HOLICKÝ REMÍZ	NEMILANSKÝ REMÍZ
<b>Bombus terrestris sensu lato</b>	54%	58%	22%
<b>Megabombus hotorum</b>	15%	6%	20%
<b>Megabombus pascuorum</b>	2%	2%	40%
<b>Pyrobombus lapidarius</b>	27%	31%	10%
<b>Pyrobombus pratorum</b>	2%	3%	8%



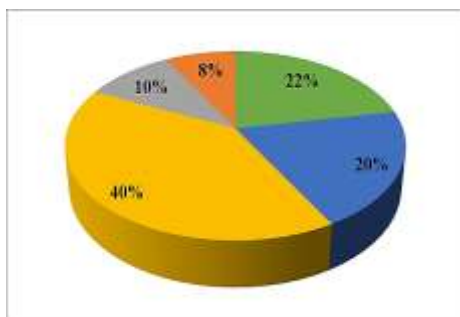
Obrázek 19: Dominance čmeláků - VÚRV + Hol. remíz + Nemil. Remíz



Obrázek 20: Dominance čmeláků - VÚVR



Obrázek 21: Dominance čmeláků - Holický remíz



Obrázek 22: Dominance čmeláků - Nemilanský remíz

V tabulce 12 jsou uvedeny parametry charakterizující alfa diverzitu čmeláků. Z těchto parametrů vyplývá, že nejvyšší diverzita a nejvyšší ekvitabilita čmeláků byla zjištěna na kontrolní ploše Nemilanský remíz. Naopak nejnižší tyto parametry byly potvrzeny pro kontrolní plochu Holický remíz. Počty druhů mezi zkoumanými lokalitami se nelišily.

Tabulka 12: Hodnoty alfa diverzity - čmeláci

Alfa diversita			
Lokalita	VÚVR	Holický remíz	Nemilanský remíz
Shannonův index $H' =$	1,13	1,03	1,45
Ekvitabilita pro $E =$	0,70	0,64	0,90
Simpsonův index $c =$	0,39	0,44	0,27

**Tabulka 13: Četnost jedinců čmeláků za jednotlivé dny**

datum sběru	POČET JEDINCŮ (čmeláci)			celkem / den
	VÚRV	Holický remíz	Nemilanský remíz	
7.6.2016	455	3	25	<b>483</b>
24.6.2016	1128	33	22	<b>1183</b>
23.7.2016	398	43	15	<b>456</b>
4.8.2016	9	9	2	<b>20</b>
7.8.2016	9	5	4	<b>18</b>
20.8.2016	13	14	2	<b>29</b>
27.8.2016	4	2	1	<b>7</b>
13.9.2016	13	2	2	<b>17</b>
průměr/den	<b>253,6</b>	<b>13,9</b>	<b>9,1</b>	<b>277</b>

Analýza variance počtu zjištěných jedinců čmeláků rovněž nepotvrdila, že by v závislosti na lokalitě existovaly statisticky významné rozdíly ( $F_{2,7}=2,916$ ;  $p=0,076$ ), i když fakticky byly tyto rozdíly značné (tab. 13).

## Výsledky – rostliny:

Soupis druhů rostlin v jednotlivých lokalitách je uvede v příloze 1, 2, a 3, hlavní živné rostliny jsou zde zvýrazněny tučným písmem.

**Tabulka 14: Evidované druhy rostlin v lokalitách**

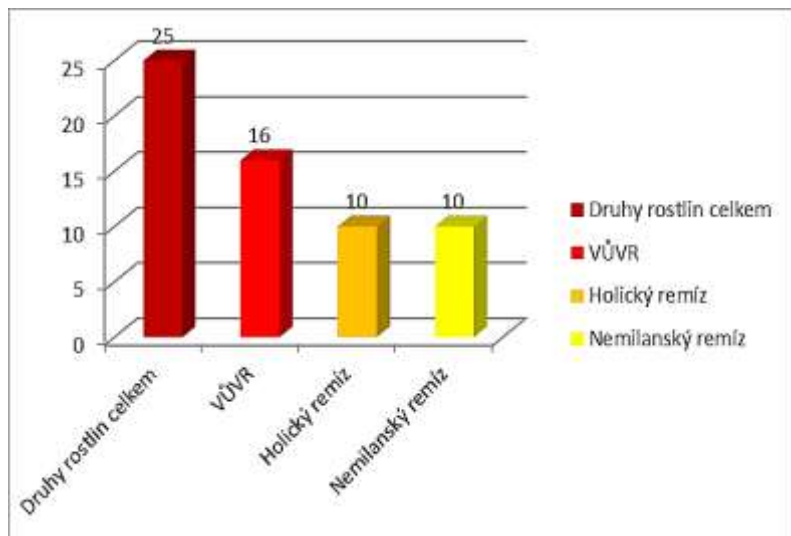
lokality	POČET DRUHŮ ROSTLIN		
	VÚRV	Holický remíz	Nemilanský remíz
druhy jen této lokality	67	32	12
celkem druhů v lokalitě	86	53	48
celkem evidováno druhů	132		
SPOLEČNÉ DRUHY MEZI DVĚMI LOKALITAMI			
lokality	VÚRV + Holický remíz	VÚRV + Nemilanský remíz	Holický remíz + Nemilanský remíz
společné druhy	20	17	31

V případě živných rostlin byl evidován jen výskyt druhů, četnost a vydatnost pastvy proto nekoresponduje s uváděnou diverzitou. Nejvyšší podobnost druhů živných rostlin byla mezi kontrolními lokalitami Holický remíz a Nemilanský remíz. Podobnost druhů rostlin mezi VÚRV a kontrolními lokalitami byla dána především díky plevelům (tab. 15).

**Tabulka 15: Podobnost druhů rostlin mezi lokalitami**

Kombinace lokalit	Jackardův index
VÚRV + Holický remíz	17%
VÚRV + Nemilanský remíz	15%
Holický remíz + Nemilanský remíz	44%

Skladba rostlin se nejvíce podobala mezi lokalitami Holický remíz a Nemilanský remíz, podobnost druhů rostlin mezi VÚRV + Holický remíz a VÚRV + Nemilanský remíz byla téměř stejná.

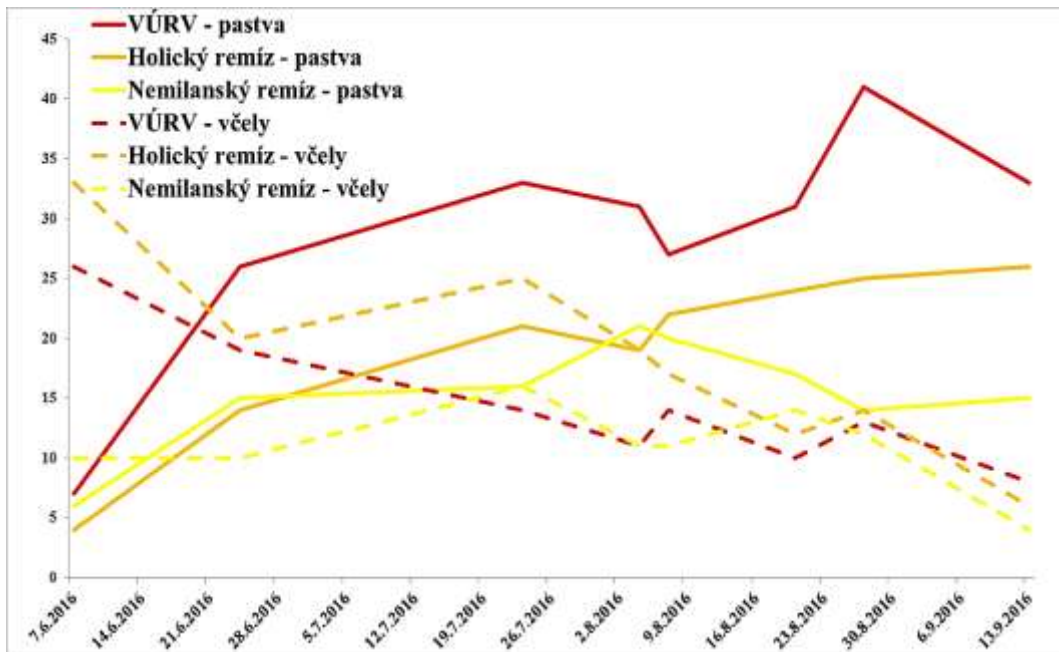


**Obrázek 23: Počet hlavních živných druhů rostlin v lokalitách**

**Tabulka 16: Rozložení četnosti druhů rostlin během období sběrů včel**

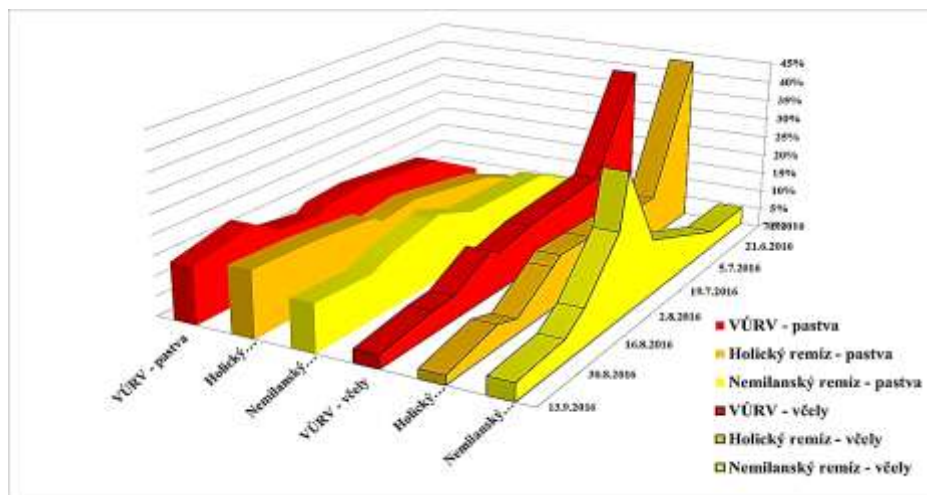
DATUM SBĚRU	POČET POZOROVANÝCH DRUHŮ ŽIVNÝCH ROSTLIN BĚHEM SBĚRŮ VČEL			CELKEM ZA DEN
	VÚRV	Holický remíz	Nemilanský remíz	
7.6.2016	7	4	6	17
24.6.2016	26	14	15	55
23.7.2016	33	21	16	70
4.8.2016	31	19	21	71
7.8.2016	27	22	20	69
20.8.2016	31	24	17	72
27.8.2016	41	25	14	80
13.9.2016	33	26	15	74
celkem pozorováno druhů	229	155	124	508

Tabulka 16 ukazuje, jak se četnost pozorovaných druhů rostlin průběžně měnila. Velkou četnost druhů nelze chápat jako velkou četnost včelí pastvy, neboť koncem července řada rostlin kvetla jen sporadicky a většina evidovaných druhů se v srpnu a září vyskytovala v malém množství. Vydátnost včelí pastvy byla snížena déle trvajícím suchem.



**Obrázek 24: Diverzita pastvy a diverzita včel (bez čmeláků)**

Obrázek 24 ukazuje průběh četnosti druhů pozorovaných rostlin a průběh četnosti druhů včel v lokalitách. Přestože četnost druhů rostlin ve VÚRV narůstala, množství druhů včel zde klesalo. V kontrolní lokalitě Holický remíz ale rostoucí četnost druhů vedla k rostoucí četnosti druhů včel. Důvodem byla zvyšující se pestrost a hojnost volně rostoucích rostlin.



**Obrázek 25: Diverzita živných rostlin v % a densita samotárek v %**

Na obrázku 25 je v procentech vidět, že diverzita rostlin si udržovala zvýšenou úroveň, přesto četnosti populací včel klesaly. Rozhoduje množství a druh rostlin a vydatnost poskytované potravy. Vzestup četnosti v Nemilanském remízu na počátku srpna souvisel se opětovným zakvetením posečených ploch, kvetením vratiče obecného a rozkvetem zlatobýlu kanadského, zde nejhojněji zastoupeného. Vzestup density se týkal jen pár druhů včel.

## 6 DISKUSE

Pádr (1990) nasbíral v Botanické zahradě Karlovi univerzity 55 druhů včel včetně čmeláků, stejného výsledku bylo dosaženo na zkoumané lokalitě VÚRV, 50 druhů samotářských včel a 5 druhů čmeláků. V Holickém remízu výsledky sběru potvrdily přítomnost 49 druhů včel a 5 druhů čmeláků. Nejméně druhů bylo nasbíráno v Nemilanském remízu, 39 druhů samotářských včel a 5 druhů čmeláků. Tato periferie Olomouce je proto lokalitou přinejmenším 5 druhů čmeláků, to je 29 % (KRIEG et al., 2009) a 77 druhů samotářských včel, což je 14 % druhů (PŘIDAL, 2005) obvyklých na území Moravy. Nejvyšší densita včel byla prokázána v VÚVR, způsobily ji velké počty čmeláků, kteří zde dominovali do počátku srpna. Proto byli vyhodnoceni odděleně, protože značně zkreslují strukturu apidofauny, když více, že dolet čmeláků je řádově až několik kilometrů (DRAMSTAD & FRY, 1995). Vyhodnocení jen samotářských včel ale ukázalo nejvyšší densitu v Holickém remízu, celkem 513 jedinců, kde byla většina včel chycena v části Pískovna.

Posouzením dominance celé zkoumané oblasti (VÚRV + Holický remíz + Nemilanský remíz) bylo zjištěno, že v ní více převažovaly subrecedentní druhy, podobně jako v Nemilanském remízu, za to v Holickém remízu a více pak ve VÚRV, byl podíl subrecedentních druhů menší (56-57 %) ve prospěch druhů dominantních, subdominantních a recedentních. To spolu s četností indikačních druhů včel, především ve VÚRV nasvědčují tomu, že je VÚRV lokalitou příznivější z celé oblasti, méně porušenou (LAŠTŮVKA & KREJČOVÁ, 2000). Také indexy Alfa diverzity potvrdily nejvyšší diverzitu druhů ve VÚRV, přesto analýza variance nepotvrdila, že by kterákoliv hodnota alfa diverzity byla statisticky průkazná. Také hodnoty alfa diverzity vypočítané zvlášť pro jednotlivé dny sběrů včel podrobené statistické analýze nepotvrdily mezi lokalitami statisticky průkazný rozdíl v diverzitě vzorků samotářských včel. Posouzením dominance bylo zjištěno, že v ní více převažovaly subrecedentní druhy, podobně jako v Nemilanském remízu, za to v Holickém remízu a více pak ve VÚRV, byl podíl subrecedentních druhů menší (56–57 %) ve prospěch druhů dominantních, subdominantních a recedentních. To spolu s četností indikačních druhů včel, především ve VÚRV nasvědčuje tomu, že je VÚRV lokalitou příznivější pro vyváženost populací v porovnání s kontrolami (LAŠTŮVKA & KREJČOVÁ, 2000). Také indexy alfa diverzity potvrdily nejvyšší diverzitu druhů ve VÚRV s nejvyšší

ekvitabilitou, a to i přesto, že analýza variance nepotvrdila statistickou průkaznost. Ve VÚRV byly detekovány jiné eudominantní druhy samotářských včel v porovnání s kontrolními lokalitami. Zastoupení druhů včel mezi kontrolními lokalitami se rovněž lišilo, lze to vysvětlit odlišným charakterem lokalit, kdy jiné druhy včel preferují jiné hnízdní a potravní nároky (LAŠTŮVKA & KREJČOVÁ, 2000). Především jen díky plevelům, byla podobnost druhů rostlin mezi VÚRV a kontrolními lokalitami alespoň 15 % a 17 %, ale podobnost druhů rostlin mezi lokalitami Holický remíz a Nemilanský remíz byla podle Jackardova indexu 44 %, protože zdejší flóra odpovídala přirozenosti přírodních podmínek. VÚVR byl lokalitou zřetelně odlišnou, zahradního charakteru se silně ovlivněnou skladbou rostlin. Přitom společné druhy včel, oproti druhům rostlin, byly mezi VÚRV a kontrolními lokalitami výrazně vyšší. Nemilanský remíz byl k Holickému remízu, co se týče flóry, blíže než k VÚRV a měly podobný charakter, přitom se jejich druhy včel shodovaly jen z 10 %. Nabízí se vysvětlení, že samotářské včely dovedou létat více jak 500 m (ZURBUCHEN et al., 2010) a létaly především z Holického remízu do VÚRV. Z Nemilanského remízu, vzdáleného od VÚRV přibližně 2500 m mohly dolétnout spíše jen některé druhy čmeláků (GOULSON et al., 2002) a samotářské včely mohly migrovat podél cest mezi oběma remízy. Proto se lze domnívat, že druhy zachycené ve VÚRV, které byly 29 % shodné s druhy z Nemilanského remízu létaly z blízkého okolí podobně vhodného ke hnízdění jako v Nemilanském remízu, a proto se nejspíše skladba druhů včel mezi VÚRV a Nemilanským remízem shodovala z 29 %. Patrně právě lokalita VÚRV jim neposkytovala možnost hnízdit, nebo jen někteří v ní hnízdily. Diverzitu druhů tvoří počty druhů a jejich rozložení density ve společenstvu, proto byla lokalita VÚRV s vyšší diverzitou, přestože se v Holickém remízu chytalo převážně v pískovně za jediný den více druhů, ale současně mnohem více jedinců, než jak tomu bylo ve VÚRV. První sběr 7. 6. 2016 včel prováděli dvě osoby současně, proto nelze počáteční vysoký počet nasbíraných druhů a jedinců, a prudký pokles četnosti a density druhů do 24. 6. 2016 považovat za jev korespondující s výskytem samotářských včel. Následný postupný pokles druhů samotářských včel v VÚVR a současný růst v Holickém remízu do konce července může vysvětlit pokles vydatnosti a density včelí pastvy vlivem sucha a odkvětu rostlin ve VÚRV, přestože zastoupení druhů rostlin bylo stále vysoké. Mohl to být právě konkurenční tlak dvaceti chovaných včelstev ve VÚRV, který s postupností úbytku zdrojů potravy, jak uvádí (SHAVIT et al., 2009) vytlačoval druhy

samotářských včel a také čmeláky (GOULSON & SPARROW, 2008) mimo lokalitu VÚRV. Prudký pokles čmeláků spíše lépe objasňuje postupný zánik čmelstev po vylihnutí mladých matek koncem července (ZAHRADNÍK, 1987). Také to mohly způsobovat kvetoucí plevele mimo VÚRV, jako například vratič obecný a další, které lákaly samotářské včely mimo VÚRV. Prudký vzestup density v Nemilanském remízu počátkem srpna mohl nejspíš také způsobit pro samotářské včely atraktivní vratič obecný a zde hojně rostoucí zlatobýl kanadský. Také zde byl zaznamenán rozkvět lučních porostů, které byly dříve posečeny a později znovu zakvetly. Tím se ukazuje, že posečením porostů se posouvá výskyt včelí pastvy dále do průběhu aktivní sezóny včel a příznivě ovlivňuje jejich pozdější potravní nabídku, zatímco nesečené travní porosty v té době již nekvětou. Pohledem na všechny lokality jako na celou oblast, se ukázal jako eudominantní druhy *Bombus terrestris* sensu lato, *Pyrobombus lapidarius* a *Megabombus hortorum*. *Megabombus pascourum*, subdominantní a *Pyrobombus pratorum*, recedentní, měli jen malé zastoupení. Takové skladbě druhů odpovídaly výsledky v VÚRV a Holickém remízu, kde ale zastoupení *Bombus hortorum* bylo ve srovnání s VÚRV výrazně menší. Ve VÚRV nebylo pozorováno žádné čmeláčí hnízdo, proto čmeláci hnízdili nejspíše v okolních lokalitách a jejich četnost ve VÚRV byla patrně dána zastoupením druhu v oblasti a schopností létat na větší vzdálenosti, která v případě *Bombus terrestris* je okolo 2000 m a jen 500m u *Megabombus pascuorum* (GOULSON et al., 2002). I to může vysvětlovat jeho malé zastoupení ve VÚRV. V Nemilanském remízu, kde byl eudomonantním a nejhojnějším druhem nacházel patrně příhodnější podmínky pro hnízdění. Indexy alfa diverzity ukázaly Nemilanský remíz jako lokalitu s nejvyšší diverzitou, i v tomto případě však nebyly indexy alfa diverzity jednotlivých lokalit potvrzeny jako statisticky průkazné. Četnost počítaných čmeláků začala koncem července výrazně klesat na všech lokalitách. Přestože se jejich kolonie s odchováním samiček rozpadají, ještě při posledním počítání 13. 9. 2016 bylo malé množství jedinců, především ve VÚRV, pozorováno.

Nejvíce živných a hlavních živných rostlin bylo ve VÚRV, četnost druhů vzrůstala na všech lokalitách do konce července, kdy poklesla ve VÚRV a Holickém remízu, ale v Nemilanském remízu ještě 14 dnů měla vzestupný charakter. S tím vzrostla i density včel, nikoliv četnost sbíraných druhů. V případě živných rostlin, byl evidován jen výskyt druhů, četnost a vydatnost pastvy proto nekoresponduje s uváděnou diverzitou.



## 7 ZÁVĚR

Výsledky výzkumu ukázaly, že vysoká bohatost a pestrost druhů entomofilních rostlin měla zásadní vliv na utvoření druhově bohatých společenstev včel, což se na pokusné lokalitě VÚRV projevilo vysokou četností pozorovaných druhů čmeláků a nejvyšším počtem zaznamenaných druhů, mezi kterými bylo nejvíce druhů indikujících neporušenost prostředí. Tato lokalita měla zřejmě i vliv na složení populací v sousedství, a proto rozdíly v diverzitě nebyly statisticky průkazné. Tuto hypotézu lze ověřit dalším výzkumem, který bude odděleně hodnotit druhy s krátkým a dlouhým doletem. Vysokou četností a bohatostí druhů včel v přílehlé člověkem nevyužívané písčově, bylo potvrzeno, že spolu s bohatou potravní nabídkou jsou pro utváření bohatých společenstev včel neméně důležité hnízdní podmínky. Synergie členitého písčitohlinitého povrchu bez zapojeného porostu a pestré nabídky potravy VÚRV významně přispěla k bohatosti druhů. Proto pro uchování a podporu bohaté včelí fauny, která obecně vede k vyšší produkci semen nebo plodů (McGREGOR, 1976), je nezbytné zajistit kompaktnost území opylovatelů s dostupností četné a pestré skladby živných rostlin a hnízdních míst nejen v blízkosti opylovaných porostů. Také lze říci, že zahradnická produkce na VÚRV chrání nejen diverzitu rostlin produkcí genetických rezerv, ale příznivě působí na společenstva včel v okolní oblasti a výzkum tak potvrzuje, že zařazením četného množství entomofilních plodin do zahradní produkce působí ve prospěch společenstev včel a životního prostředí, což se zpětně odráží na výnosech semen nebo plodů, jak dokládá pokus provedený na bukvici lékařské - *Betonica officinalis* L. (DUŠEK & DUŠKOVÁ, 2012).

Pro ochranu včel v oblasti a podporu opylování ve VÚRV je vhodné uchovat současnou podobu písčovny a předejít jejímu zarůstání, jako se to daří při využití cyklokrosových areálů nebo motorkovišť (HENEBERG et al., 2016) a začlenit do správy území Holického remízu sečení některých dosud neudržovaných travních porostů s cílem zvýšení pestrosti živných rostlin (KRIEG et al., 2009) a zamezení zarůstání křovinami především na parcele 1736/1. Pro podporu diverzity Nemilanského remízu by bylo vhodné zřídit na parcele 982/1 vysečením a tvorbou jednoduchého nájezdu nepevněnou plochu (točnu a odpočívadlo) pro osobní automobily, které by potlačováním porostu rostlin vytvářely hnízdní pestřejší podmínky pro hnízdění včel (HENEBERG et al., 2016).

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

**BANASZAK, J. 1992.** Strategy for conservation of wild bees in an agricultural landscape. *Agriculture, ecosystems & environment*. [Online] 40.1-4: 179-192, 1992. [Citace: 6. April 2017.] Dostupné na: [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(92\)90091-O](https://doi.org/10.1016/0167-8809(92)90091-O).

**BEMBE, B., GERLACH, G., SCHUBERTH, J., & SCHÖNITZER, K. 2001.** Die Wildbienen im Botanischen Garten München. *Nachr Bl bayer Ent.* [Online] 50.1/2, 2001.[Citace: 1. April 2017.] 30-41. Dostupné na: [http://www.botmuc.de/de/ueber/guenter\\_gerlach/wildbienen\\_2001.pdf](http://www.botmuc.de/de/ueber/guenter_gerlach/wildbienen_2001.pdf).

**BENEDEK, P., BÉRES I., NYÉKI J. 1998.** COMPETITION BETWEEN PEAR FLOWERS, FLOWERING WEEDS AND OTHER FRUIT TREES FOR HONEYBEE POLLINATION. *Acta Horticulturae*. [Online] 1998. [Citace: 2. April 2017.] 10.17660/ActaHortic.1998.475.49. Dostupné na: [http://www.actahort.org/members/showpdf?booknrarnr=475\\_49](http://www.actahort.org/members/showpdf?booknrarnr=475_49). 10.17660/ActaHortic.1998.475.49.

**CLAIRE, B., WILLIAMS, N., KREMEN, C. & KLEIN, A. M. 2013.** Synergistic effects of non-Apis bees and honey bees for pollination services. *Proceedings of the Royal Society B*. [Online] 9. January 2013. [Citace: 21. March 2017.] DOI: 10.1098/rspb.2012.2767. Dostupné na: <http://rspb.royalsocietypublishing.org/content/280/1754/20122767>.

**CORBET, A. S. 1997.** Role of pollinators in species preservation, coservation, ecosystem stability and genetic diversity. *Acta horticulture*. [Online] (437), 01. 01 1997. 219-230. Dostupné na: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.1997.437.23>. DOI: 10.17660/ActaHortic.1997.437.23.

**ČERMÁK, K. et al. 2008.** *Včely ve třetím tisíciletí*. Dol : Vyzkumný ustav včelařský Dol, 2008. Vydání 1. 120 s. ISBN 978-80-87196-00-7.

**ČUZK. 2017.** Český úřad zeměměřický a katastrální. *Nahlížení do katastru nemovitostí*. [Online] 5.5.0 build 0, 2017. [Citace: 9. 3. 2017.] Dostupné na: <http://nahlizeniidokn.cuzk.cz/VyberKatastrMapa.aspx>.

**DAG, A. 2009.** Interaction between pollinators and crop plants: the Israeli experience. *Israel Journal of Plant Sciences*. [Online] 57.3: 231-242, 2009. [Citace: 11. April 2017.] DOI: 10.1560/IJPS.57.3.231. Dostupné na: [https://www.researchgate.net/publication/249233869\\_Interaction\\_between\\_pollinators\\_and\\_crop\\_plants\\_The\\_Israeli\\_experience](https://www.researchgate.net/publication/249233869_Interaction_between_pollinators_and_crop_plants_The_Israeli_experience).

**DEHON, M., MICHEZ, D., NEL, A., ENGEL, M. S. & DE MEULEMEESTER, T. 2014.** Wing Shape of Four New Bee Fossils (Hymenoptera: Anthophila) Provides Insights to Bee Evolution. *PLOS ONE*. [Online] 9(10), 2014. [Citace: 19. 2 2017.] ISSN 19326203.

**DELEPLANE, K. S. & Mayer, D.F. 2000.** *Crop pollination by bees*. Gateshead : CAB International, 2000. 344 s. ISBN 0-85199-448-2.

**DEVI, S., GULATI, R., TEHRI, K. & POONIA, A. 2015.** The pollination biology of onion (*Allium cepa* L.)-A Review. *Agricultural Reviews*. [Online] 36(1), 1-13, 2015. [Citace: 15. April 2017.] DOI: 10.5958/0976-0741.2015.00001.X. Dostupné na: <http://www.arccjournals.com/uploads/articles/11131491.pdf>.

**DRAMSTAD, W., FRY, G. 1995.** Foraging activity of bumblebees (*Bombus*) in relation to flower resources on arable land. *Agriculture, ecosystems & environment*. [Online] 53.2: 123-135, 1995. [Citace: 3. May 2017.] Dostupné na: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/016788099400561R>.

**DUŠEK, K. 2016.** Konzultace o využití opylovatelů ve Výzkumném ústavu rostliné výroby V Olomouci. *Ústní sdělení*. Olomouc, 24. června 2016.

**DUŠEK, K., DUŠKOVÁ, E. 2012.** VLIV OPYLOVATELŮ NA KVALITU SEMENE VYBRANÝCH DRUHŮ LAKR. [editor] J. NEUGEBAUEROVÁ K. KAFFKOVÁ. *Aktuální otázky pěstování léčivých, kořeninových a aromatických rostlin: 18. odborný seminář s mezinárodní účastí : Lednice 5.-6.12.2012*. Brno : Mendelova univerzita v Brně, 2012, stránky 161-165. 189 s.

**DUŠEK, K., DUŠKOVÁ, E., CHYTILOVÁ, V., LOSÍK, J. & SMÉKALOVÁ, K. 2017.** METODY A TECHNIKY REGENERACE CIZOSPRAŠNÝCH ZELENIN A LÉČIVÝCH, AROMATICKÝCH A KOŘENINOVÝCH ROSTLIN. *Výzkumný ústav*

*rostlinné výroby, v. v. i.* [Online] 13. April 2017. 45 - 52. Dostupné na: <https://www.vurv.cz/index.php?p=publikace&id=623705&site=vyzkum>. ISBN 978-80-87011-04-1.

**DUŠEK, K., KRIEG, P. & DUŠKOVÁ, E. 2010.** Metodika použití hmyzích opylovačů u cizosprašných druhů zelenin, léčivých, aromatických a kořeninových. *Výzkumný ústav rostlinné výroby, v.v.i. Praha.* [Online] 2010. [Citace: 3. April 2017.] Dostupné na: <http://www.vurv.cz/files/Publications/ISBN978-80-7427-037-6.pdf>. ISBN: 978-80-7427-037-6.

**GOULSON, D., HUGHES, W., DERWENT, L. & STOUT, J. 2002.** Colony growth of the bumblebee, *Bombus terrestris*, in improved and conventional agricultural and suburban habitats. *Oecologia.* [Online] 130(2), 2002. [Citace: 5. April 2017.] 267-273. Dostupné na: <https://www.sussex.ac.uk/webteam/gateway/file.php?name=goulson-et-al-oecologia-2002.pdf&site=411>.

**GOULSON, D., SPARROW, K. R. 2008.** Evidence for competition between honeybees and bumblebees; effects on bumblebee worker size. *Journal of Insect Conservation.* [Online] 13(2):177-181, 2008. [Citace: 10. April 2017.] DOI: 10.1007/s10841-008-9140-y. Dostupné na: [226535660\\_Evidence\\_for\\_competition\\_between\\_honeybees\\_and\\_bumblebees\\_effects\\_on\\_bumblebee\\_worker\\_size](https://doi.org/10.1007/s10841-008-9140-y).

**HAESELER, V. 1982.** Ameisen, Wespen und Bienen als Bewohner gepflasterter Bürgersteige, Parkplätze und Straßen (Hymenoptera: Aculeata). *Drosera.* 1982. 82.1: 17-32.

**HEDTKE, S.M., DANFORTH, B. N. & PATINY, S. 2013.** The bee tree of life: A supermatrix approach to apoid phylogeny and biogeography. *BMC Evolutionary Biology.* [Online] 13(1), 2013. [Citace: 19. 02 2017.] DOI: 10.1186/1471-2148-13-138. ISSN 14712148.

**HENDRYCHOVÁ, M., BOGUSCH, P. 2016.** Combination of reclaimed and unreclaimed sites is the best practice for protection of aculeate Hymenoptera species on brown coal spoil heaps. *Journal of Insect Conservation.* [Online] 20.5. 807-820, 2016.

[Citace: 27. April 2017.] DOI 10.1007/s10841-016-9912-8. Dostupné na: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10841-016-9912-8>.

**HENEBERG, P., BOGUSCH, P. & ŘEZÁČ, M. 2016.** Off-road motorcycle circuits support long-term persistence of bees and wasps (Hymenoptera: Aculeata) of open landscape at newlyformed refugia within otherwise afforested temperate landscape. *Ecological Engineering* 93. [Online] 2016. [Citace: 16. 03 2016.] 187-198. Dostupné na: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925857416302531>.

**INOUE, M. N., YOKOYAMA, J. & WASHITANI, I. 2008.** Displacement of Japanese native bumblebees by the recently introduced *Bombus terrestris* (L.) (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Insect Conservation*. [Online] 12.2: 135-146, 2008. [Citace: 11. April 2017.] DOI 10.1007/s10841-007-9071-z. Dostupné na: [https://www.researchgate.net/profile/Maki\\_Inoue3/publication/225588901\\_Displacement\\_of\\_Japanese\\_native\\_bumblebees\\_by\\_the\\_recently\\_introduced\\_Bombus\\_terrestris\\_L\\_Hymenoptera\\_Apidae/links/55666ee008aec22682ff1b21.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Maki_Inoue3/publication/225588901_Displacement_of_Japanese_native_bumblebees_by_the_recently_introduced_Bombus_terrestris_L_Hymenoptera_Apidae/links/55666ee008aec22682ff1b21.pdf).

**KOHFINK, M. - W. 2014.** *Mobilní včelaření*. Líbeznice : Víkend, 2014. Vydání 1. 103 s. ISBN 978-80-7433-085-8.

**KOZMA, P., NYÉKI, J., SOLTÉSZ, M. & SZABÓ, Z. 2003.** *Floral biology, pollination and fertilisation in temperate zone fruit species and grape*. Budapest : Akadémiai Kiadó, 2003. 621 s. ISBN 963-05-7816-6.

**KRIEG, P., HOFBAUER, J. & KOMZÁKOVÁ, O. 2009.** *Čmeláci a jejich podpora ve zemědělské krajině*. Dol : Výzkumný ústav včelařský Dol, 2009. 80 s. ISBN 978-80-97196-01-4.

**LAŠTŮVKA, Z., KREJČOVÁ, P. 2000.** *Ekologie*. Vydání 1. Brno : KONVOJ, spol. s. r. o., 2000. 185s. ISBN 80-85615-93-2.

**LYE, G. C., PARK, K. J., HOLLAND, J. M. & GOULSON, D. 2011.** Assessing the efficacy of artificial domiciles for bumblebees. *Journal for Nature Conservation*. [Online] 19(3), 2011. [Citace: 1. April 2017.] 154-160. Dostupné na: <https://www.sussex.ac.uk/webteam/gateway/file.php?name=lye-et-al-j-natur-cons-2011.pdf&site=411>.

**MADER, E., SHEPHERD, M., VAUGHAN, M., BLACK, S. H. & LeBUHN, G. 2011.** *Attracting native pollinators: protecting North America's bees and butterflies : the Xerces Society guide.* North Adams : Storey Publishing, 2011. 372 s. ISBN 978-1-60342-695-4.

**MARTINS, A.C., G.A.R. MELO a R.B. GONÇALVES. 2013.** Changes in wild bee fauna of a grassland in Brazil reveal negative effects associated with growing urbanization during the last 40 years. *Zoologia (Curitiba)*. [Online] 30(2), 157 - 176, 2013. [Citace: 30. March 2017.] DOI: 10.1590/S1984-46702013000200006. Dostupné na: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1984-46702013000200006](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1984-46702013000200006). ISSN 19844670.

**MAYER, D. F. & LUNDEN, J. D. 2001.** HONEY BEE MANAGEMENT AND WILD BEES FOR POLLINATION OF HYBRID ONION SEED. *Acta Horticulture*. [Online] 561, 2001. 275-278. Dostupné na: <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2001.561.41>. DOI: 10.17660/ActaHortic.2001.561.41.

**MCFREDERICK, Q. S. & LEBUHN, G. 2006.** Are urban parks refuges for bumble bees *Bombus* spp. (Hymenoptera: Apidae)? *Biological Conservation*. [Online] 129(3), 372-382, 2006. [Citace: 3. April 2017.] DOI: 10.1016/j.biocon.2005.11.004.. Dostupné na: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320705004817?> ISSN 00063207.

**McGREGOR, S. E. 1976.** *Insect pollination of cultivated crop plants.* Washington, D.C. : US Department of Agriculture, 1976. 411 s.

**MELICHAR, M., KOSTRHOUNOVÁ, M. & Vaško, Š. 1997.** *Zelinářství.* Praha : Český zahrádkářský svaz, nakladatelství Květ, 1997. 168 s. ISBN 80-85362-29-5.

**MIKULENKOVÁ, P. 2002.** *Opylování autoinkompatibilních odrůd meruněk (*Prunus armeniaca* L.) v izolaci včelou medonosnou (*Apis mellifera* L.).* 2002. Diplomová práce (in MS, dep. knihovna Mendelu v Lednici), MZLU v Brně, Lednice, 54 s.

**MITÁČEK, T., NEUGEBAUEROVÁ, J., PRÁŠIL, J. & ZADRAŽILOVÁ, I. 2014.** *Pěstování léčivých a kořeninových rostlin v ekologickém zemědělství: metodika pro praxi*. 2. vydání. Olomouc : Bioinstitut, 2014. 50 s. ISBN 978-80-87371-25-1.

**MZe. 2016.** Situační a výhledová zpráva: Včely. *eAGRI*. [Online] 2016. [Citace: 22. March 2017.] 28 s. Dostupné na: <http://www.eagri.cz>. ISBN 978-80-7434-127-4.

**NEUGEBAUEROVÁ, J., Žďárská, V. 2015.** *Léčivé rostliny: pěstujeme - sbíráme - využíváme*. Praha : Arista Books, s. r. o., 2015. 260 s. ISBN 978-80-87867-21-1.

**NOVÁK. 1969.** *Metody sběru a preparace hmyzu*. Praha : Academia, 1969. 243 s..

**OSBORNE, J. L., MARTIN, A. P., SHORTALL, C. R., TODD, A. D., GOULSON, D., KNIGHT, M. E., HALE, R. J. & SANDERSON, R. A. 2008.** Quantifying and comparing bumblebee nest densities in gardens and countryside habitats. *Journal of Applied Ecology*. [Online] 45: 784–792, 2008. [Citace: 3. April 2017.] doi:10.1111/j.1365-2664.2007.01359.x. Dostupné na: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1365-2664.2007.01359.x/full>.

**PÁDR, Z. 1990.** *Natura Pragensis: Studie o přírodě Prahy*. Praha : Pražské středisko státní památkové péče a ochrany přírody, 1990. 179.

**PÄDR, Z. 1990.** Solitäre Bienen und Hummeln des Botanischen Gartens der Karls-Universität in Prag (Hymenoptera, Apoidea). *Acta Universitatis Carolina-Biologica*. [Online] 34: 173-181, 1990. ISSN 0001 - 7124.

**PEKÁRKOVÁ, E. 2014.** *Zelenina: její pěstování a význam v ilustracích Zdenky Krejčové*. 1. vydání. Praha : Aventinum, 2014. 255 s. ISBN 978-80-7442-037-5.

**PRÁŠIL, J. 2012.** Řízení výroby kvalitního osiva zeleniny. [editor] J. NEUGEBAUEROVÁ K. KAFFKOVÁ. *Aktuální otázky pěstování léčivých, kořeninových a aromatických rostlin: 18. odborný seminář s mezinárodní účastí : Lednice 5.-6.12.2012*. Brno : Mendelova univerzita v Brně, 2012, stránky 113-119. 189 s.

**PŘIDAL, A. 2005.** *Ekologie opylovatelů*. Brno : Lynx, 2005. Vydání 2. 112 s. ISBN 80-86787-04-4.

**PTÁČEK, V. 2008.** *Chov čmeláků v laboratoři*. Brno : Tribun EU, 2008. Vydání 1. 175 s. ISBN 978-80-7399-635-2.

**RADAJEWSKA, B., ANDRZEJEWSKÁ, L. 2001.** The effect of flower pollination by a honeybee (*Apis mellifera* L.) on fruit set and size of peach and nectarine fruit. *Folia Horticulturae*. [Online] 13/2: 129-135, 2001.

**ŘEZÁČ, P. 2002.** *Úvod do výzkumné práce*. Brno : Mendelova zemědělská a lesnická univerzita v Brně, 2002. Vydání 1. 62 s. ISBN 80-7157-589-5.

**SHAVIT, O., Dafni, A., & Ne'eman, G. 2009.** Competition between honeybees (*Apis mellifera*) and native solitary bees in the Mediterranean region of Israel—Implications for conservation. *Israel Journal of Plant Sciences*. [Online] 57(3), 171-183, 2009. [Citace: 10. April 2017.] DOI: 10.1560/IJPS.57.3.171. Dostupné na: <http://research.haifa.ac.il/~biology/neeman/Publications/D%2063.%20Shavit%20et%20al.%202009.%20Competition%20between%20honeybees%20and%20solitary%20native%20bees.%20Isr.%20J.%20Plant%20Sci..pdf>.

**SIKORA, A., MICHOLAP, P. & KELM, M. 2016.** Flowering Plants Preferred by Bumblebees (*Bombus* Latr.) in the Botanical Garden of Medicinal Plants in Wrocław. *Journal of Apicultural Science*. [Online] 60.2: 59-68, 2016. [Citace: 11. April 2017.] DOI 10.1515/JAS-2016-0017. Dostupné na: <https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/jas.2016.60.issue-2/jas-2016-0017/jas-2016-0017.pdf>.

**STEFFAN-DEWENTER, I. & TSHARNTKE, T. 1997.** Bee diversity and seed set in fragmented habitats. *Acta horticulturae*. [Online] (437), 1997. [Citace: 17. 03 2017.] Dostupné z: <http://uvis.mendelu.cz/elektronicke-informacni-zdroje>. ISSN 05677572.

**THOMSON, D. M. 2016.** Local bumble bee decline linked to recovery of honey bees, drought effects on floral resources. *Ecology Letters*. [Online] 19(10), 1247-1255, 2016. [Citace: 6. April 2017.] DOI: 10.1111/ele.12659. Dostupné na: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/ele.12659/epdf>. ISSN 1461023X.

**TROPEK, R., ŘEHOUNEK, J. 2011.** Bezobratlí postindustriálních stanovišť: Význam, ochrana a management. *ENTÚ BC AV ČR & Calla*. [Online] České



Budějovice, 2011. [Citace: 27. April 2017.] Dostupné na:  
[http://www.calla.cz/data/hl\\_stranka/ostatni/Sbornik\\_Bezobratli.pdf](http://www.calla.cz/data/hl_stranka/ostatni/Sbornik_Bezobratli.pdf).

**VESELÝ, V. et al. 1985.** *Včelařství*. Praha : Státní zemědělské nakladatelství, 1985.  
Vydání 1. 368 s. ISBN 07-056-85.

**WIKIPEDIA. 2016.** *Apoidea*. [Online] Wikipedia, The Free Encyklopedia, 29. 10  
2016. [Citace: 19. 2 2017.] Dostupné na:  
<https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Apoidea&oldid=746748414>.

**WILSON, J.S., STARLEY, L., CALVIN, C. L., JAHNER, J. P., IKERD, H. &  
GRISWOLD, T. 2016.** Sampling bee communities using pan traps: alternative methods  
increase sample size. *Journal of Insect Conservation*. [Online] 20(5), 919 - 922, 2016.  
[Citace: 21. March 2017.] DOI: 10.1007/s10841-016-9914-6. Dostupné na:  
<http://link.springer.com/article/10.1007%2Fs10841-016-9914-6>. ISSN 15729753.

**YANG, X., FRIEDRICH, F., BEUTEL, R. G. & Ge, S. 2013.** *Insect Morphology and  
Phylogeny : A Textbook for Students of Entomology*. Berlin : De Gruyter, 2013. 516 s.  
Dostupné na:  
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=e000tww&AN=699592&lang=cs&site=eds-live>.

**ZAHRADNÍK, J. 1987.** *Blanokřídli: Barevný průvodce*. Praha : Artia, 1987. Vydání 1.  
182 s. 37-010-87.

**ZURBUCHEN, A., BACHOFEN, C., MÜLLER, A., HEIN, S., & DORN, S. 2010.**  
Are landscape structures insurmountable barriers for foraging bees? A mark-recapture  
study with two solitary pollen specialist species. *Apidologie*. [Online] 41.4: 497-508,  
2010. Dostupné na:  
[https://www.researchgate.net/publication/45352060\\_Are\\_landscape\\_structures\\_insurmountable\\_barriers\\_for\\_foraging\\_bees\\_A\\_mark-recapture\\_study\\_with\\_two\\_solitary\\_pollen\\_specialist\\_species](https://www.researchgate.net/publication/45352060_Are_landscape_structures_insurmountable_barriers_for_foraging_bees_A_mark-recapture_study_with_two_solitary_pollen_specialist_species).

## 8 PŘÍLOHY

### Příloha 1: Seznam druhů rostlin - VÚRV

agastache anýzová  
agastache svraskalá  
bazalka pravá  
bodlák obecný  
brutnák lékařský  
bukvice lékařská  
černohlávek obecný  
česnek cyaneum  
česnek hranatý  
česnek nicí  
**čičorečka pestrá**  
divizna velkokvětá  
dobromysl obecná  
dobromysl řecká  
grindelie rozkladitá  
**heřmánek pravý**  
heřmánek římský  
**heřmánkovec nevonný**  
hrachor luční  
jestřabník vrcholičnatý  
jetel luční  
**jetel plazivý**  
jitrocel kopinatý  
jitrocel prostřední  
kakost bahenní  
**kokoška pastuší tobolka**  
krásnoočko velkokvěté  
kyprej vrbice  
**levandule lékařská**  
lnice květel  
marunek barvířský  
máta cervina  
máta dlouholistá  
máta klasnatá  
máta peprná  
máta přeslenitá  
máta rolní  
máta velkolistá  
máta vodní

mateřídouška obecná  
mateřídouška olysalá  
mateřídouška vejčitá  
meduňka lékařská  
měsíček lékařský  
mochna anglická  
mochna nátržník  
mochna plazivá  
mochna stříbrná  
mydllice lékařská  
náprstník žlutý  
oman pravý  
oman vrbolistý  
pcháč oset  
pilát lékařský  
polej obecná  
prha arnika  
proskurník lékařský  
rmen sličný  
routa vonná  
**řebříček obecný**  
řepík lékařský  
**saturejka horská**  
sléz lesní  
sléz přehlížený  
slunečnice roční  
starček obecný  
**svazenka vratičolistá**  
svízel syřišťový  
šalvěj hajní  
šalvěj lékařská  
šalvěj lesní  
**šalvěj pomoučená**  
**šalvěj přeslenitá**  
šalvěji etiopská  
(habešská)  
**šalvěji lékařská**  
**tolice dětelová**  
topolovka růžová  
třapatka nachová  
třezalka tečkovaná  
**turan roční**

tykev obecná  
**vikev ptačí**  
vrtič obecný  
**yzop lékařský**  
zavinutka podvojná  
zlatobýl kanadský

### Příloha 2: Seznam druhů rostlin - Holický remíz

**bodlák obecný**  
čekanka obecná  
divizna velkokvětá  
**hadinec obecný**  
**heřmánek pravý**  
**heřmánkovec**  
**nevonný**  
hluchavka bílá  
hluchavka nachová  
hořčice rolní  
hrachor luční  
chrpa luční  
jetel bílý  
jetel luční  
jetel plazivý  
jitrocel kopinatý  
kakost luční  
komonice bílá  
komonice lékařská  
kostival lékařský  
křídlatka japonská  
kyprej vrbice  
lilek černý  
lnice květel  
locika kompasová  
lopuch plstnatý  
marunek barvířský  
máta dlouholistá  
měrnice černá  
marunek barvířský  
mochna nátržník  
mrkev obecná

netvařec křovitý  
netýkavka žláznatá  
pcháč obecný  
pcháč oset  
rukev obecná  
růže šípková  
**řebříček obecný**  
sadec konopáč  
silenka širokolistá  
bílá  
slunečnice  
topinambur  
starček lepkavý  
**starček přímětník**  
svída bílá  
škarda dvouletá  
štírovník růžkatý  
třezalka tečkovaná  
**turan roční**  
**turanka kanadská**  
vikev ptačí  
**vrtič obecný**  
**zlatobýl kanadský**  
zlatobýl obecný

### **Příloha 3: Seznam druhů rostlin - Nemilanský remíz**

bodlák lopuchovitý  
bodlák obecný  
**čekanka obecná**  
čičorečka pestrá  
**hadinec obecný**  
**heřmánek pravý**  
heřmánkovec  
nevonný  
hrachor hlíznatý  
chrastavec rolní  
chrpa luční  
jestřabník  
vrcholičnatý  
jitrocel kopinatý  
kakost luční  
komonice lékařská

kopretina bílá  
kostival lékařský  
křídlatka japonská  
**kyprej vrbice**  
locika kompasová  
mochna husí  
mochna náprstník  
mochna plazivá  
mochna stříbrná  
mrkev obecná  
**netvařec křovitý**  
netýkavka žláznatá  
oman vrbolistý  
ostružiník křovitý  
ostružiník řasnatý  
pastiňák setý  
pcháč obecný  
pcháč oset  
pomněnka rolní  
růže šípková  
**řebříček obecný**  
silenka širokolistá  
bílá  
slunečnice  
topinambur  
starček jarní  
starček lepkavý  
starček přímětník  
škarda dvouletá  
třezalka tečkovaná  
**turan roční**  
**vikev ptačí**  
vikev setá  
**vrtič obecný**  
**zlatobýl kanadský**  
zlatobýl obecný