

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

Bakalářská práce

*Zednice *Osmia cornuta* a *Osmia bicornis* jako opylovači*

2022

Jiří Šafránek

Univerzita Hradec Králové

Přírodovědecká fakulta

Katedra biologie

Zednice Osmia cornuta a Osmia bicornis jako opylovači

Bakalářská práce

Autor:	Jiří Šafránek
Studijní program:	B0511A030001 – Biologie a ekologie
Studijní obor:	Biologie a ekologie
<hr/>	
Vedoucí práce:	doc. Mgr. Petr Bogusch, Ph.D.
Oponent:	doc. Mgr. Martin Šlachta, Ph.D.
Datum zadání závěrečné práce:	24. 1. 2021
Datum odevzdání závěrečné práce:	15. 7. 2022



Zadání bakalářské práce

Autor: Jiří Šafránek
Studium: S19BI091BP
Studijní program: B0511A030001 Biologie a ekologie
Studijní obor: Biologie a ekologie

Název bakalářské práce: Zednice *Osmia bicornis* a *Osmia cornuta* jako opylovači
Název bakalářské práce AJ: Mason bees *Osmia bicornis* and *Osmia cornuta* as pollinators

Cíl, metody, literatura, předpoklady:

Cílem práce je formou rešerše zpracovat dosud známé informace o dvou druzích včel rodu *Osmia*, jejich využití jako opylovačů, chovu a bioindikaci, včetně vlivu pesticidů na tyto druhy včel.

Bosch J. 1994: The nesting behaviour of the mason bee *Osmia cornuta* (Latr) with special reference to its pollinating potential (Hymenoptera, Megachilidae). *Apidologie* 25: 84-93.
Bosch J., Kemp J. 2002. Developing and establishing bee species as crop pollinators: the example of *Osmia* spp. (Hymenoptera: Megachilidae) and fruit trees. *Bulletin of Entomological Research* 92: 3-16.
Torchio P. F., Asensio E. 1985: The Introduction of the European Bee, *Osmia cornuta* Latr., into the U.S. as a Potential Pollinator of Orchard Crops, and a Comparison of Its Manageability with *Osmia lignaria propinqua* Cresson (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* 58: 42-52.

Zadávací pracoviště: Katedra biologie,
Přírodovědecká fakulta
Vedoucí práce: doc. Mgr. Petr Bogusch, Ph.D.
Oponent: doc. Mgr. Martin Šlachta, Ph.D.
Datum zadání závěrečné práce: 24.1.2020

Prohlášení:

Prohlašuji, že bakalářskou práci na téma „Zednice *Osmia cornuta* a *Osmia bicornis* jako opylovači“ jsem vypracoval samostatně a že jsem v seznamu použité literatury uvedl všechny prameny, ze kterých jsem vycházel.

V Hradci Králové dne

Jiří Šafránek

Poděkování:

Na tomto místě bych chtěl mnohokrát poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce doc. Mgr. Petru Boguschovi, Ph.D. za cenné informace, připomínky a věnovaný čas.

Anotace

Cílem této bakalářské práce je sepsat dosavadní informace o blanokřídlých *Osmia cornuta* a *Osmia bicornis*. Zároveň si tato práce klade za cíl popsat jejich možnosti pro opylování, zejména pro komerční použití například v sadech. Dále se práce bude zabývat možnostmi a podmínkami chovu zednic a případnými riziky pro jejich populace.

Bakalářská práce se v první části zabývá výčtem různých opylovačů napříč různými třídami živočichů. Dále objasňuje pojem včely samotářky, kam se řadí výše zmíněné druhy a obsahuje soupis příbuzných soliterně žijících žahadlových blanokřídlých. Druhá část pak obsahuje popis bionomie a vzhledu *O. cornuta* a *O. bicornis*, včetně několika příbuzných z rodu *Osmia*. Práce se taktéž v této části zabývá způsobem opylování zednic a jejími možnými výhodami oproti nejhojněji využívaným komerčním opylovačům, jakým je například včela medonosná (*Apis mellifera*). Dále jsou popsány různé hnízdní materiály a jiné aspekty, včetně rizik v podobě parazitů, které mohou ovlivnit prospívání populace zednic.

Klíčová slova

Opylovači, zednice, parazité, hnízdo, pyl, larvy

Annotation

This bachelor's thesis aims to write down the current information on the Hymenoptera *Osmia cornuta* and *Osmia bicornis*. At the same time, this work aims to describe their possibilities for pollination, especially for commercial use, for example in orchards. Furthermore, the work will deal with the possibilities and conditions of breeding mason bees and possible risks for their populations.

In the first part, the bachelor's thesis deals with the enumeration of different pollinators across different classes of animals. It also clarifies the concept of solitary bees, which includes the species mentioned above, and includes a list of related solitary-living stinger Hymenoptera. The second part then describes the bionomy and appearance of *O. cornuta* and *O. bicornis*, including several relatives from the genus *Osmia*. In this part, the thesis also deals with the method of pollination of mason bees and its possible advantages compared to the most widely used commercial pollinators, such as the honey bee (*Apis mellifera*). Furthermore there are described various nesting materials and other aspects, including the risks of parasites, that can affect the success of a mason bee population.

Keywords

Pollinators, mason bee, parasites, nest, pollen, larvae

Obsah

1. Úvod.....	1
2. Opylovači.....	3
2.1. Savci.....	3
2.2. Ptáci	4
2.3. Plazi	4
2.4. Měkkýši	5
2.5. Hmyz.....	5
3. Včely samotářky	7
3.1. Hedvábnicovití (Colletidae).....	9
3.1.1. Hedvábnice (Colletinae)	10
3.1.2. Maskonosky (Hylaeinae)	10
3.2. Pískorypkovití (Andrenidae).....	10
3.2.1. Pískorypky (Andreninae).....	10
3.2.2. Pískohrabky (Panurginae).....	11
3.3. Ploskočelkovití (Halictidae)	11
3.3.1. Trnočelky (Rophitinae).....	11
3.3.2. Šupiněnky (Nomiinae).....	12
3.3.3. Nicotěnky (Nomioidea)	12
3.3.4. Ploskočelky (Halictinae).....	12
3.4. Pilorožkovití (Melittidae)	12
3.4.1. Chluponožky (Dasypodainae).....	13
3.4.2. Olejnice (Macropidinae).....	13
3.4.3. Pilorožky (Melittinae).....	13
3.5. Včelovití (Apidae)	13
3.5.1. Drvodělky (Xylocopinae)	14
3.5.2. Nomády (Nomadinae).....	14
3.5.3. Včely (Apinae).....	15
3.6. Čalounicovití (Megachilidae)	15
3.6.1. Vlnářky (Anthidiini)	15
3.6.2. Ostnoštítky (Dioxyini)	16
3.6.3. Čalounice (Megachilini)	16
3.6.4. Zednice (Osmini).....	16

4. Zednice (<i>Osmia</i>)	18
4.1. Zastoupení rodu	18
4.2. Binomie zednic (<i>Osmia</i>)	18
4.3. Vzhled	20
4.4. Nejvýznamnější zástupci	20
4.4.1. <i>Osmia bicornis</i>	20
4.4.2. <i>Osmia cornuta</i>	21
4.4.3. Další druhy rodu <i>Osmia</i>	22
4.5. Využití zednic jako opylovačů	23
4.6. Chov zednic	25
4.6.1. Přírodní podmínky	25
4.6.2. Hnízdní materiál	26
4.6.3. Umístění hnízd a okolní vegetace	27
4.6.4. Parametry hnízda	29
4.6.5. Sběr kokonů	30
4.6.6. Přesun hnízd	30
4.6.7. Osídlení hnízda jinými druhy	31
4.7. Rizika pro populace zednic	31
4.7.1. Kleptoparaziti	32
4.7.2. Parazitoidi	33
4.7.3. Predátoři	36
4.7.4. Ničitelé hnízd	37
4.7.5. Kleptobionti	38
4.7.6. Další druhy osídlující hnízda	38
4.7.7. Plíseň	39
4.7.8. Výběr hnízdicího materiálu s ohledem na rizikovou faunu	39
5. Závěr	40
Zdroje	41
Obrázky	58

1. Úvod

Pro rozšíření semenných rostlin je ve většině případů nutné, aby došlo k tvorbě rozmnožovacích orgánů – semen. Tomu zpravidla předchází u rostlin proces zvaný opylení. Při něm se přenáší samčí pohlavní buňky (pyl) na samičí pohlavní orgány (blizny) (Johnson & Steiner, 2000; Gullan & Cranston, 2005).

Opylení může probíhat několika způsoby. Buď mohou pyl přenášet přírodní činitelé jako je voda (hydrogamie) a vítr (anemogamie), nebo mohou pyl přenášet živočichové. U opylení se pak rozlišuje opylení pylem ze stejné rostliny, pak se jedná o samoopylení (někdy též nazýváno samosprašnost – autogamie), a opylení pylem z jiné rostliny, kdy mluvíme o cizosprašnosti (alogamie) (Ackerman, 2000).

Na přenosu pylu se nejvíce podílí hmyz, a to zejména blanokřídlý. Nejčastěji komerčně používaným opylovačem je včela medonosná (*Apis mellifera*) (Genersch, 2010).

V poslední době se také začal více chovat čmelák zemní (*Bombus terrestris*) (Eijnden *et al.*, 1991). Na opylení rostlin jsou závislé komerčně používané rostliny jako je například bavlna, len, arašíd, jeteloviny, různé druhy ovoce a zeleniny, ale i ostatní květena, která obklopuje naše životní prostředí a je součástí nejrůznějších ekologických vztahů s jinými organismy (Faegri & Van Der Pijl, 1978).

Při chovu těchto opylovačů se mohou vyskytnout určitá negativa. Mezi chovanými jedinci se mohou snadněji šířit choroby a různí paraziti, k čemuž přispívá velká koncentrace jedinců v hnízdě. Pokud sadař používá k opylení svých stromů čmeláky, musí zpravidla tyto čmeláky každoročně dokupovat, aby počet jedinců v populaci udržel (Smékalová *et al.*, 2018). Některé oblasti dokonce zakazují dovoz čmeláků ze zahraničí, především kvůli obavě, že by tito čmeláci mohli přenášet škodlivé nemoci a parazity, kteří by mohli napadat domácí populaci čmeláků, jež v posledních letech výrazně poklesla (Otypková, 2021).

Řešením by mohlo být využití včel samotárek. Ty se ve většině případů na místě vysazení usídlí a není nutné tak příliš danou populaci obnovovat. Navíc je zde minimální riziko různých parazitů, kteří by mohli působit na domácí druhy hmyzu, jako je tomu především u dovážených čmeláků ze zahraničí (Penn *et al.*, 2019). Do skupiny včel samotárek patří i početná čeleď čalounicovitých (Megachilidae). Mezi její

významné druhy se řadí například druhy jako zednice rezavá (*Osmia bicornis*) a zednice rohata (*Osmia cornuta*), kterými se bude tato práce podrobněji zabývat na následujících stránkách.

Pro zvýšení produktivity a zejména kvůli ochraně rostlin před chorobami a patogeny se od poloviny minulého století začaly hojně používat nejrůznější druhy pesticidů. Ty mohou negativně působit nejen na celkové životní prostředí v okolí používání, ale také mohou nepříznivě ovlivnit populaci opylovačů. Při výběru těchto látek je tak důležité zvážit negativní možné dopady (Sponsler *et al.*, 2019).

Populace zednic i jiných divoce žijících opylovačů lze podpořit různými způsoby, jedním z nich je například umístění uměle vytvořeného hnízda, které se svými parametry blíží těm, které se vyskytují přirozeně v přírodě (Penn *et al.*, 2019).

Ačkoliv na téma zednic *O. bicornis* a *O. cornuta* je vypracováno již mnoho prací a výzkumů, je věnována těmto živočichům a zejména jejím využití větší pozornost až v posledních letech. Informace o nich tak nejsou příliš rozsáhlé a ucelené. Úkolem této práce je zejména tyto informace z různých prací sjednotit, vyvodit obecné závěry a připravit tak teoretickou část pro případnou praktickou část navazující diplomové práce.

2. Opylovači

Jak již bylo v úvodu řečeno, na opylování alogamních rostlin se kromě přírodních vlivů, jako jsou voda nebo vítr, podílejí i různé živočichové. Rostliny opylované živočichy tvoří přibližně 90 % všech rostlin na Zemi (Marshan, 2019). Živočichovi, díky kterému v rostlině probíhá opylení, se říká opylovatel (Přidal, 2005). Nejznámějšími a nejvíce komerčně používanými opylovači jsou různé druhy hmyzu, zejména včely a čmeláci. Významnými opylovači jsou však i různé druhy ptáků, savců a ve velmi ojedinělých případech i plazů.

2.1. Savci

Pro opylování savci jsou většinou rostliny specificky přizpůsobeny. Dané rostliny mají zpravidla květy miskovitého tvaru s velkým množstvím pylu a s jedinečným pachem. Ne všechny rostliny volí však stejné strategie, neboť i u savců je velká různorodost životních strategií (pro malé hlodavce bývají květy u země, zatímco pro některé primáty, či letouny jsou dostupné i květy ve větších výškách). Ze savčích opylovačů mají největší podíl právě letouni, především netopýři a kaloni. Pokud opylují rostliny tato zvířata, nazýváme daný jev chiropterogamie. Letouni jsou v opylování aktivní hlavně v nočních hodinách. Z tohoto důvodu jsou takto opylované rostliny většinou barevně málo výrazné, ale mají specifický velmi silný pach, který může připomínat česnek, moč, či exkrementy (Faegri & Van der Pijl, 1978; Kunz, 1982). K takovému způsobu opylení dochází kromě Evropy, Severní Ameriky a Antarktidy na všech kontinentech. (Slavíková, 2012) Na opylování se z letounů podílí hlavně kaloni (Megachiroptera) a listonosí (Phyllostomidae).

Kromě letounů se však na opylování podílí i různí pozemní savci. Například rostliny z čeledi proteovitých (Protaceae) jsou modifikovány právě pro přenos pylu hlodavci a jinými malými savci. Tato zvířata (například *Gerbillurus paeba*) jsou přilákána zejména charakteristickým zápachem a velkým množstvím nektaru. Rostliny také obsahují nadměrné množství pylu, které ulpí na hlavové části zvířat, a ta tak mohou přenášet pyl na jiné květy (Rourke, 1980). Největším významným opylovačem je vari černobílý (*Varecia variegata*), který je jedním z opylovačů ravenaly madagaskarské (*Ravenala madagascariensis*) (Kress *et al.*, 1994).

2.2. Ptáci

Další významnou skupinou opylovačů jsou ptáci. Nejvíce je tento způsob opylování rozšířen v jižní Americe v tropických oblastech (Slavíková, 2012). Rostliny, které k opylení využívají tato zvířata, bývají výrazně zbarvené (časté jsou červené, modré, žluté a zelené květy). Rostliny také disponují poměrně velkým množstvím nektaru, který ptáky láká. Rostliny specializované na ptačí opylovače nemají vůni. Květ je pro tato zvířata uzpůsoben také tvarem, kdy má většina trubkovitý tvar a více vystupující pylové tyčinky, které uvolní pyl při vniknutí zobáku ke zdroji nektaru. Významným ptačím opylovačem je například kolibřík rudohrdlý (*Archilochus colubris*), kalypa růžovohlavá (*Calypte anna*) nebo šatovník šarlatový (*Drepanis coccinea*). Mezi rody rostlin, které jsou těmito a jinými zvířaty opylovány, patří mimo jiné blahovičník (*Eucalyptus*), akácie (*Acacia*), či bauhinie (*Bauhinia*) (Slavíková, 2012).



Obrázek 1: Kolibřík rudohrdlý (*Archilochus colubris*)

2.3. Plazi

Ne příliš známou skupinou opylovačů jsou plazi, konkrétně ještěři. Ačkoliv pouze 73 druhů z více než 6500 je schopno opylovat rostliny, jsou pro některé rostliny velmi důležití. Například felsuma modroocasá (*Phelsuma cepediana*) je jediným opylovačem rostliny *Trochetia blackburniana*, který přeneše dostatečné množství pylu na to, aby došlo k opylování druhé rostliny (Hansen *et al.*, 2007).

2.4. Měkkýši

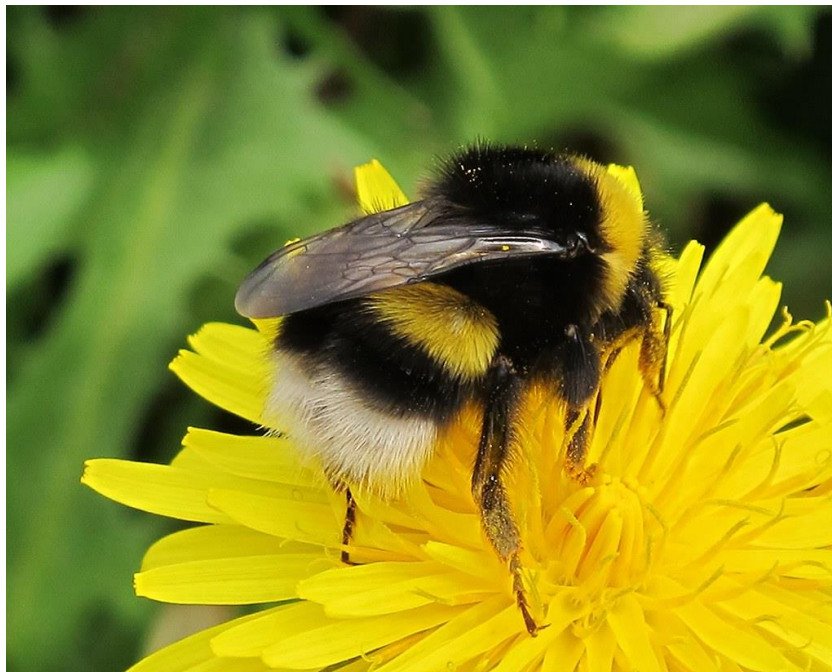
Velmi malý počet rostlin bývá opylen měkkýši, kdy dochází k malakogamii. Tento jev je však poměrně vzácný a málo efektivní. Pylová zrna jsou přenášena na poměrně malou vzdálenost, navíc jejich klíčivost se rychle snižuje vlivem slizu, ve kterém se přenáší. Tímto způsobem tak bývají opyleny pouze v ojedinělých případech rostliny, které mají květy malé a relativně blízko u sebe (Slavíková, 2002).

2.5. Hmyz

Mezi nejpočetnější a nejvýznamnější opylovače se řadí z živočišné říše hmyz. Opylování těmito živočichy se nazývá entomogamie. Entomogamie je nejrozšířenější způsob opylení a na celkovém opylení na všech kontinentech se podílí zhruba z 80 % (Slavíková, 2012). Blanokřídlí (Hymenoptera) patří mezi nejpočetnější a nejvýznamnější skupinu hmyzích opylovačů. Neméně důležitou skupinou jsou však například brouci (Coleoptera) (Cerruti & Anahí, 2020). Některé zemědělské plodiny, jako je například australská atemoya (*Annona squamosa* × *Annona cherimola*), je na opylování brouky závislá. Kromě toho se také pravděpodobně jedná o nejstarší skupinu opylovačů (Hooks, 2020). Další významnou skupinou jsou dvoukřídlí (Diptera), kde jsou pravděpodobně nejdůležitější zástupci čeledi pestřenkovití (Syrphidae). U nich se v nedávné době začalo uvažovat o komerčním použití jako opylovačích, neboť na rozdíl od včel jsou univerzálnějšími opylovači a nejsou tak náročné na počasí. Larvy některých druhů pestřenek navíc mohou sloužit jako dekompozitoři, protože svůj vývoj uskutečňují v hniјícím rostlinném materiálu. Řada druhů má mšicožravé larvy, a tak mohou pomoci i v biologickém boji proti škůdcům (Stubbs & Falk, 2002). Na rozdíl od další skupiny dvoukřídlných opylovačů masařek (*Sarcophaga*), které jsou občas také používány ke komerčnímu opylení rostlin (zejména v malých prostorech jakými jsou například skleníky), hledají pestřenky na květech potravu, a tak je k opylení rostlin potřeba méně jedinců (Hladcová & Čapounová, 2019). Dobře známou skupinou opylovačů jsou motýli (Lepidoptera). Ačkoliv jsou určitou měrou rostlinám prospěšní při opylování, jejich použití v komerční sféře se neuvažuje, neboť larvy některých druhů se živí rostlinnými pletivy a plody rostlin, což mnohdy omezuje životaschopnost a schopnost rozmnožování rostlin. Noční motýl bekyně mniška (*Lymantria monacha*) při přemnožení způsobuje holožírý jehličnatých stromů, které mohou významně pozměnit vzhled krajiny (Nakládal & Uhlíková, 2016). Třásněnky patří mezi skupiny, jejichž

význam coby opylovačů je poměrně malý, avšak i přesto se určitou měrou podílí na přenosu pylu rostlin. Zároveň se však jedná o parazity, kteří sají rostlinné šťávy, a oslabují tak rostlinu. (Dušková & Kopřiva 2009)

Nejpočetnější skupinou opylovačů jsou blanokřídlí (Hymenoptera). Sem se řadí například včela medonosná (*Apis mellifera*), která se hojně využívá komerčně jak k výrobě medu, tak právě k opylení potřebných rostlin. Další skupinou, kterou si někteří zemědělci pořizují za účelem opylení jejich rostlin, jsou čmeláci (*Bombus*). Ačkoliv má tato skupina několik výhod oproti včelám, používání čmeláků dovezených ze zahraničí je omezeno z důvodu možnosti přenosu chorob a parazitů, proti kterým nejsou zdejší populace čmeláků, včel a jiného hmyzu imunní (Velthuis & Doorn, 2006). Dalším opylovačem, který je taktéž společenský jako včely a čmeláci, jsou takzvané bezžihadlové včely (tribu Meliponini). Tyto včely žijí především v Jižní Americe, kde jsou také chovány pro svoji schopnost vyrábět med (Wilms & Wiechers, 1997). Výše zmínění blanokřídlí se řadí mezi společenský hmyz. Například včela medonosná žije ve větším společenství, které může u chovaných druhů čítat okolo 90 000 jedinců (Přidal, 1996). Kromě společenských opylovačů jsou však známé i solitérní, či jinak nazývané samotářské včely. Jedná se o druhově nejpočetnější skupinu včel, která na území Česka a Slovenska čítá přes 600 druhů (Bogusch *et al.*, 2007).



Obrázek 2: Čmelák hájový (*Bombus lucorum*)

3. Včely samotářky

Ačkoliv je pro širokou veřejnost z včel známá především včela medonosná (*Apis mellifera*), 85 % z 20 000 druhů včel, které na světě existují, jsou solitérní (Batra, 1997). Ačkoliv byla v minulosti jejich role přehlížena, je jim v poslední době věnována větší pozornost, mimo jiné také kvůli rostlinám, které nejsou efektivně opylovány včelami medonosnými (*Apis mellifera*). Dorůstají velikosti od 1,5 milimetrů (*Perdita minima*) po přibližně 40 milimetrů (*Megachile pluto*). Poměrně variabilní jsou i co se vzhledu týká. Zatímco některé druhy jsou lesklé a bez viditelných chloupků (například některé druhy drvodělek (*Xylocopa*)), jiné mají zřetelně ochmýřené tělo i končetiny (kupříkladu pelonoska hluchavková (*Antophora plumipes*)), což napomáhá při sběru pylu (Requer-Beni, 2020), ale také slouží jako prvek termoregulace (May, 1979) či možná obrana proti parazitům a predátorům (Lindstest *et al.*, 2008).

Solitérně žijící včely lze rozdělit do několika skupin dle různých parametrů. Nejčastěji se rozdělují dle způsobu, jakým sbírají pyl. Včely nohosběrné (Podilegae) mají podobně jako včela medonosná na zadním páru nohou pylosběrný aparát, kterým sbírají pyl. Naopak včely břichosběrné (Gastrolegae) mají na spodní straně zadečku husté chlupy, na které se pyl zachytí (Ptáček, 2009). Břichosběrný aparát je při opylování v množství nasbíraného pylu méně efektivní, než je tomu u nohosběrných včel. Kvůli tomu musí břichosběrné včely navštívit přibližně desetkrát víc květů, což je ale naopak pro případné majitele těchto včel jako opylovačů vnímáno jako výhoda. Tyto včely také častěji navštěvují svá hnízda, díky čemuž mohou pravidelněji kontrolovat, zda nejsou hnízda napadena parazity (Macek *et al.*, 2010).

Na rozdíl od společensky žijících včel, kde se vyskytují určité kasty, jsou samotářské včely rozděleny pouze na samce a samičky, kdy jsou jedinci pohlavně aktivní. Ačkoliv sociální chování není tak komplikované jako u společenských včel, v některých případech se potomci těchto včel vylíhnou již před začátkem zimy a pomáhají při stavbě hnízda a shánění potravy své matce (Wcislo & Cane, 1996). Ačkoli včely samotářky nevytváří společné hnízdo s ostatními samicemi, často může docházet ke vzniku agregací, kde se však každá samice stále stará o své hnízdo. Ta může čítat pouze několik málo jedinců, ale jsou i druhy (např. *Nomia melanderi*), kdy je v agregaci přítomno více než 10 000 včel (Stephen, 1960). Některé druhy se také vyznačují

komunálním způsobem hnízdění, kdy se samice opět stará o své hnízdo sama, ale jednotlivá hnízda včel mají společný vchod (Macek *et al.*, 2010).

Samotářské včely staví hnízdo, které může být vyhloubeno v zemi, nebo si některé druhy hledají místo v různých dutinách v rostlinném materiálu. Hnízdění v dutinách je charakteristické například pro čeledi Colletidae, Megachilidae, a Apidae, zatímco v zemi si hloubením zakládají hnízdo zejména Halictidae, Melittidae, Andrenidae a Stenotritidae (Cane, 1991). Soliterní včely žijí zpravidla jeden rok. Při založení hnízda v dutinách je v jedné dutině nakladeno několik vajíček, vždy navzájem oddělené zátkami. Místo mezi těmito jednotlivými vajíčky je rozměrné tak, aby prostorově vyhovovalo vyvinutému jedinci. Pokud se jedinec, který je v dutině nejhlouběji, vylíhne z vajíčka dříve než jedinci blíže otvoru dutiny, daný jedinec prokouše jednotlivé stěny, které vajíčka oddělují a vzniklé otvory za sebou zacelí (Linsley, 1958). Umístění hnízda je dáno především kritérii, která jsou důležitá pro úspěšnost vývoje potomstva. U čeledí hnízdících v zemi tak může být výběr místa ovlivněn charakteristikami substrátu jako je jeho teplota, tvrdost, či pokrytí rostlinným porostem. U druhů hnízdících v dutinách rostlinného materiálu je umístění dáno především orientací ke světovým stranám a také preferencí materiálu hnízda. Kromě výše zmíněných způsobů hnízdění některé druhy rodu *Osmia* zakládají svá hnízda na místech pro jiné druhy nezvyklá, jakými mohou být například prázdné ulity plžů. Všechny druhy pak zakládají svá hnízda, pokud možno v blízkosti jimi preferované potravy (Gathmann & Tschardt, 2002).

U samotářských včel může být viditelná také agresivita, a to jak mezidruhová, tak i vnitrodruhová. Vnitrodruhová agrese je způsobena zejména nedostatkem volných hnízdících dutin, či nedostatkem potravy v okolí (Zobel & Paxton, 2007). Z důvodu nedostatku volného místa se mohou včely uchýlit k uzurpaci hnízd, tedy k zabavení cizího hnízda. Kromě nedostatku místa, je tato strategie také používána u starších jedinců, kteří tímto způsobem obstarání hnízda šetří svoji energii, kterou by jinak museli vynaložit při stavbě nového hnízda (Tepedino & Torchio, 1984a; Tepedino & Torchio, 1994). Proti uzurpaci se mohou včely bránit. Včely hnízdící v dutinách nad zemí svá hnízda po naklazení vajíčka zazátkují za pomocí 2–5 mm materiálu, který ještě následně potřou vrstvičkou oleje. Tato zátky je účinná nejen proti uzurpaci, ale je taktéž hydrofobní a tvoří bariéru proti vniku různých parazitů (Vinson & Frankie, 2000). Druhy hnízdící v zemi se uzurpaci brání zahrabáním hnízda před každým

odletem. Dalším chováním, které napomáhá prevenci před ztrátou hnízda, je častá frekvence návratu včely do hnízda (Bischoff *et al.*, 2003).

Skupina včely (Anthophila) je rozdělena do 7 čeledí, z nichž zástupci 6 se vyskytují na našem území (Bogusch *et al.*, 2007).

3.1. Hedvábnicovití (Colletidae)

Nejvíce druhů z této čeledi lze nalézt v Austrálii, kde až 50 % všech včel tvoří zástupci právě této čeledi, a Jižní Americe. V Evropě se jedná o poměrně rodově chudou skupinu, neboť se zde vyskytují pouze zástupci podčeledi hedvábnice (Colletinae) a maskonosky (Hylaeinae), kde každá obsahuje jeden rod (*Colletes* a *Hylaeus*) (Macek *et al.*, 2010). Tuto skutečnost má na svědomí pravděpodobně rozdílné období oddělení jednotlivých kontinentů (Almeida *et al.*, 2012). Dlouhou dobu byla také tato čeleď považována jako nejbazálnější z nadčeledi včely (Apoidea), především kvůli vzhledu glosy, která je rozvětvená (Danforth *et al.*, 2006). Díky analýze molekulárních dat však bylo zjištěno, že bazální čeledí je Melittidae (Branstetter *et al.*, 2017).

Zástupci této čeledi jsou velikosti menší a středně velcí. Jedinci mají krátký spodní pysk s dvoulaločným jazýčkem a včely této čeledi vyskytující se na našem území nedisponují řitní ploškou (Macek *et al.*, 2010). Dle substrátu, který používají k hnízdění, se dají rozdělit do dvou skupin. První skupina hnízdí v půdním substrátu a jsou zde zahrnuty Diphaglossinae, Paracolletinae, Scrapperinae a většina Colletinae. Většina ze zástupců této podčeledi se vyznačuje chlupatým a robustním tělem. Zástupci druhé skupiny hnízdí uvnitř stonků, v měkkém dřevě, již existujících hnízdních dutinách a některé také v zemi. Do této skupiny řadíme Callomelitta, Hylaeinae, Euryglossinae a Xeromelissinae. Na rozdíl od předchozí skupiny jsou tyto včely menší a jejich tělo je méně porostlé chloupky (Almeida *et al.*, 2012). Zástupci této čeledi jsou stejně jako některé další včely schopné produkovat sekret z Dufourových žláz. Tento sekret má nesmáčivou funkci a také tvoří bariéru před bakteriemi. Při reakci s produkty slinných žláz vzniká polymer, kterým včely potírají svá hnízda pomocí jazýčku a tvoří tak jeho ochranu před vnějším prostředím (Bogusch *et al.*, 2007). Využívají taktéž i samotný sekret z kusadlových žláz, který chrání před nežádoucími bakteriemi a plísněmi (Macek *et al.*, 2010).

Kleptoparazitismus je hedvábnicovitým přisuzován pouze pěti druhům z rodu *Hylaeus* obývajících území Havaje na základě nepřímých důkazů (Daly & Magnacca, 2003).

3.1.1. Hedvábnice (Colletinae)

Zástupci této podčeledi mají svá hnízda buď již v nalezených dutinách, nebo jsou schopni si je vyhrabat v měkčím materiálu, jakým může být například pískovec. Ve srovnání s jinými včelami má většina hedvábnic poměrně neobvyklou stavbu hnízd, již tvoří kolmá chodba s několika postranními chodbičkami, které obsahují plodové komůrky (Batra, 1980; Macek *et al.*, 2010). Různé druhy hedvábnic nabývají velikost 6 až 15 mm. Jejich tělo je černé a bývá porostlé nažloutlými, či nahnědlými chloupky, které na zadečku vytváří pásy. Pyl sbírají pomocí aparátu umístěného na zadních nohou (Macek *et al.*, 2010).

3.1.2. Maskonosky (Hylaeinae)

Včely z této podčeledi jsou poměrně malé (4-9 mm). Stavbou se jedná o velmi podobné z většiny černé druhy. K rozlišení jednotlivých druhů se tak využívá kresba na obličejí, od čehož je také odvozen český název této podčeledi. Maskonosky nejsou vybaveny pylosběrným aparátem na nohou, jako je tomu například u příbuzných hedvábnic. Ke sběru pylu tak využívají přední nohy, ze kterých následně pyl uloží na sanici, odkud ho přesunou do volete, kde je smíchán s nabíraným nektarem. Jejich hnízda lze nalézt v opuštěných hnízdech jiných samotářských včel, dutinách ve skalách a dutých větvičkách různých rostlin. Larvy přečkávají zimní období bez kokonu (Macek *et al.*, 2010).

3.2. Pískorypkovítí (Andrenidae)

Zástupci této celkem početné čeledi žijí kromě Antarktidy na všech kontinentech, nejpočetnější jsou v mírných a suchých oblastech, především v Jižní a Severní Americe (Michener, 2007). Včely této čeledi zakládají hnízda v zemi. Hrud' a zadeček mívají hojně porostlý chloupky (zejména jarní druhy), ale některé druhy mohou být naopak řídké ochlupené. Chloupky na zadečku často tvoří světlé pásy, které jsou dosti výrazné (Kloutvorová *et al.*, 2018). Jedinci se řadí mezi nohosběrné včely, které jsou polylektické, případně oligolektické. Čeleď obsahuje 4 podčeledi, z nichž zástupci dvou se vyskytují na území České republiky (Andreninae a Panurginae) (Macek *et al.*, 2010).

3.2.1. Pískorypky (Andreninae)

5-16 mm velcí jedinci mají pylosběrný aparát na nohou. Zakuklení probíhá bez kokonu. Některé pískorypky vytvářejí hnízdní agregace, které mohou čítat až 600 samic.

Rozpoznávacím znakem jsou lícní vtisky, které jsou ochlupené. Samci pískorypek jsou poměrně nároční na určení a k tomu to úkolu se využívají zejména jejich kopulační orgány (Macek *et al.*, 2010).

3.2.2. Pískohrabky (Panurginae)

Pískohrabky bývají menší a méně ochlupené, než je tomu u pískorypek. V obličejové části mají nad očima krátké rýhy, které nejsou porostlé chloupky. Tímto znakem se liší od pískorypek. Stejně jako pískorypky mají pylosběrný aparát na nohou. V případě pískohrabek je však redukovaný. Při zakuklení není vytvořen kokon (Macek *et al.*, 2010). Většina druhů je oligolektická (Michener, 2007). Samice pískohrabek také při stavbě hnízda budují dva vstupy. Zatímco jeden je poměrně nenápadný a vede k samotným potomkům pískohrabky, druhý je nápadnější, avšak falešný a zdánlivě nemá pro populaci těchto včel žádnou funkci. Pravděpodobně se však jedná o taktiku, kterou se pískohrabky snaží alespoň částečně snížit úspěšnost vstupu parazitických nomád do jejich hnízd (Macek *et al.*, 2010).

3.3. Ploskočelkovití (Halictidae)

S 4400 druhy se jedná o druhou druhově nejpočetnější čeleď včel (Ascher & Pickering, 2020), jejichž zástupci žijí kromě Antarktidy na všech kontinentech (Danforth *et al.*, 2006). V našich podmínkách hnízdí zejména v zemi, zatímco v tropických oblastech dochází i k osidlování trouchnivějícího dřeva. Zástupci této čeledi jsou většinou tmavě zbarvení, obvykle nabývající kovový vzhled. Samice jsou oproti samcům robustnější. Znak, který je pro tuto čeleď charakteristický, je vnitřní sanice (lacinia), která je zvláště modifikovaná (Michener, 2007).

3.3.1. Trnočelky (Rophitinae)

Trnočelky jsou nepříliš nápadně zbarvenou podčeledí s prodlouženými ústními orgány. Samice rodu *Rophites* mají na hlavě trnovité brvy, které slouží k opylování. Samice pohybem hlavy nabere pomocí těchto útvarů pyl, který následně předními nohama přemístí na pylosběrný aparát, jenž je umístěn na zadních končetinách. (Macek *et al.*, 2010).

3.3.2. Šupiněnky (Nomiinae)

Na našem území byl do této doby nalezen pouze jeden druh, a sice šupiněnka jižní (*Pseudapis femoralis*). Tyto včely si staví hnízda v zemi poblíž sadů, lesostepí či úhorů. Svá hnízda potírají sekrety slinných a zadečkových žláz, které ochraňují před vnější vlhkostí. Tento druh je polylektický a zimu larvy přečkávají bez kokonu (Macek *et al.*, 2010).

3.3.3. Nicotěnky (Nomioidae)

Zástupci tohoto podřádu si svá hnízda stavějí převážně v písčitém substrátu. Většina druhů je xerotermofilních. Zástupcem je například naše nejmenší včela nicotěnka nejmenší (*Nomioides minutissimus*) (Macek *et al.*, 2010).

3.3.4. Ploskočelky (Halictinae)

Ploskočelky jsou chováním velmi rozmanité, někteří zástupci mohou žít soliterně, avšak v této čeledi se vyskytují i jiné způsoby soužití těchto včel. Některé druhy například hnízdí komunálně, kdy samice mají každá své hnízdo, ale společně s ostatními samicemi sdílí vchod do dutiny. Dále se u ploskoček může vyskytovat i semisocialita, kdy jedno hnízdo obývá více samic, ale pouze jedna z nich je schopna klást vajíčka a ostatní pomáhají například při obstarávání potravy. Eusociální ploskočelky, které můžeme najít i na našem území, vytvářejí jednoleté kolonie, kdy na jaře samice naklade vajíčka, ze kterých se ve valné většině vylíhnou samičí dělnice. Takto může naklást 2–3 generace, přičemž tento počet závisí na druhu včely a klimatických podmínkách. Z vajíček v poslední generaci se líhnou samci a samice, které jsou velikostně oproti dělnicím větší a jsou schopné se rozmnožovat. Ty jsou oplodněny samci a jako jediné přezimují. Na jaře se pak celý cyklus opakuje (Danforth *et al.*, 2006; Macek *et al.*, 2010). V čeledi se vyskytují například známí hnízdní paraziti ruděnky (*Sphecodes*), kdy například ruděnka běloretá (*Sphecodes albilabris*) parazituje na hnízdech hedvábnice jarní (*Colletes cunicularius*) (Macek *et al.*, 2010; Sick *et al.*, 1994). Čeleď obsahuje 4 podčeledi, přičemž všechny lze nalézt na našem území (Macek *et al.*, 2010).

3.4. Pilorožkovití (Melittidae)

Pilorožkovití mají ve většině případů poměrně velké sběrací kartáče na nohou (Macek *et al.*, 2010). Jedná se tedy o včely nohosběrné. Tyto včely jsou většinou oligolektické a v některých případech dokonce monolektické. Například pilorožka zvonková (*Melitta*

haemorrhoidalis) opyluje pouze zvonky (*Campanula*), či pilorožka kyprejová (*Melitta nigricans*) opyluje jen kyprej vrbici (*Lythrum salicaria*) (Michez, 2007). Jedinci žijí solitérně a samice zakládají hnízda v zemi (Celary, 2006). Čeleď obsahuje 4 podčeledi, z nichž 3 se vyskytují v České republice (Macek *et al.*, 2010).

3.4.1. Chluponožky (Dasypodainae)

Na zadních končetinách mají nápadné sběrací kartáče. Samice potravu v komůrce staví na zhotovený podstavec s třemi opěrnými body. To minimalizuje možnost znehodnocení potravy například plísní, vzhledem k tomu, že komůrky nejsou u této podčeledi matkou impregnovány. K tomu dochází až po vylíhnutí larev, které si samy komůrky ošetří ochranou voděodolnou vrstvou. Pro úspěšné vybudování plodové komůrky s potravou a naklazením vajíčka je pro chluponožky nutné nasbírat veškerou potřebnou potravu pro jednu komůrku během jednoho dne, pokud k tomu nedorazí, samice hnízdo opouští a buduje nové. Oligolektie se vyskytuje u všech druhů této podčeledi (Macek *et al.*, 2010).

3.4.2. Olejnice (Macropidinae)

Včely z podřádu olejnice sbírají kromě pylu a nektaru také olejnatý sekret z některých rostlin, který slouží jako součást potravy, ale také jako impregnace plodových komůrek (Macek *et al.*, 2010).

3.4.3. Pilorožky (Melittinae)

Jedince této podčeledi jsou vzhledově podobní pískorypkám (*Andrena*). Oproti nim však nedisponují sběracími kartáči na příkyčlích a ochlupenými vtisky v oblasti očí. Na našem území lze nalézt 5 druhů této podčeledi (Macek *et al.*, 2010).

3.5. Včelovití (Apidae)

Včelovití jsou druhově nejbohatší čeledí, která obsahuje více než 5100 druhů, které jsou rozděleny ve 3 podčeledích, kdy jsou všechny tyto podčeledi zastoupeny i na našem území (Macek *et al.*, 2010). Vzhledově je čeleď velmi diversifikovaná. Vyskytují se zde včely drobné (například kyjonožka modravá (*Ceratina cyanea*) dorůstá velikosti 5-7 mm), ale i poměrně vzrostlé (samice čmeláka zemního (*Bombus terrestris*) má velikost 20-26 mm). Taktéž ve vzorci chování jsou včelovití dosti různorodí, neboť se zde vyskytují téměř všechny vzorce chování. V této čeledi můžeme nalézt druhy

soliterní, komunální, eusociální, hnízdní, ale i sociální parazity (Macek *et al.*, 2010). Zástupci mají poměrně dlouhý sosák a řadí se do skupiny „dlouhojazyčných“ včel (Michener, 2007).

3.5.1. Drvodělky (Xylocopinae)

Drvodělky patří mezi největší evropské samotářské včely. Hnízda si obvykle budují v trouchnivějícím dřevě, v suchých lodyhách některých rostlin či v hálkách. Všechny 7 druhů, které lze nalézt na území České republiky, žije samotářsky (Macek *et al.*, 2010). Vajíčko drvodělek patří mezi největší z třídy hmyzu (Woods, 1999). Vajíčka druhů této podčeledi také často mívají výběžky, které minimalizují styk s plochou komůrky, díky čemuž se zmenší riziko, že vajíčko či samotná potrava by mohla být infikována patogeny. Některé druhy drvodělek získávají nektar z hlubokých květů bez opylení samotné rostliny. Tyto včely se prokoušou květem co nejdříve ke zdroji nektaru a vyhnou se tak pylovým prašníkům. Toto chování je označováno jako kleptolektie (Macek *et al.*, 2010).

Kyjorožky, které také patří do podčeledi drvodělek, se líhnou dle pořadí, v jakém byla jejich vajíčka položena, na rozdíl od například zednic, kdy se nejdříve líhnou vajíčka blíže k východu. To znamená, že první se líhnou jedinci, kteří jsou v hnízdě nejhlouběji, a ti se tak musí při opuštění hnízda dostat přes jednotlivé komůrky, ve kterých jsou často ještě plně nevyvinutí jedinci. Kyjorožky si tak musí cestu přes jednotlivé komůrky vykousávat otvory ve vytvořených přepážkách a následně tyto otvory za sebou opět zacelovat (Macek *et al.*, 2010).

3.5.2. Nomády (Nomadinae)

Včely této podčeledi patří mezi tzv. kukaččí včely. Jedná se o hnízdní parazity, kdy samička nomád naklade vajíčko do komůrky společně s vajíčkem parazitovaného druhu. Larvy nomád jsou vybaveny silnými kusadly, kterými mohou zničit vajíčko hostitele, případně zabít již vylíhlou larvu. Dále se živí potravou, která byla určena pro larvu hostitele. Většina druhů přečkává zimu bez kokonů, kterou nahrazuje žlutohnědá ztvrdlá kutikula (Macek *et al.*, 2010).

3.5.3. Včely (Apinae)

Skupina dosti vzhledově rozmanitá, která nejen ke sbírání pylu používá sběračky na zadních holeních. Do této podčeledi řadíme stepnice (Eucerini), pelonosky (Anthophorini), čmeláky (Bombini) a vlastní včely (Apini) (Macek *et al.*, 2010).

3.6. Čalounicovití (Megachilidae)

Tyto včely mají ve většině případů svůj aparát ke sbírání pylu umístěný na spodní části zadečku, kromě parazitujících druhů, kteří jím nedisponují. Stejně jako včelovití, patří i čalounicovití do skupiny „dlouhojazyčných“ (Michener, 2007). Čalounicovití se řadí mezi břichosběrné včely. Velká hranatá hlava bývá vybavena výraznými kusadly, často s několika zuby. U této čeledi je velmi rozmanité nejen umístění hnízd, ale i použitý substrát pro stavbu hnízda. Vnitřní prostory komůrky čalounice potírají sekrety slinných žláz, které slouží jako ochrana před vodou, bakteriemi a plísněmi (Bogusch *et al.*, 2007).

Někteří zástupci jsou kleptoparaziti, kdy samice kladou vajíčka do ještě nezacelených komůrek a jejich larvy se následně živí potravou připravenou pro včelu, kterou parazitující včela zničí pomocí specializovaných kusadel ještě ve stádiu vajíčka, případně larvy (Macek *et al.*, 2010).

V České republice jsou přítomni zástupci dvou podčeledí, a sice Lithurginae a Megachilinae. Druhá jmenovaná je na našem území zastoupená čtyřmi triby (Macek *et al.*, 2010).

3.6.1. Vlnářky (Anthidiini)

Tyto včely se obvykle od dalších čalounic odlišují svou tmavou kutikulou a nápadnými žlutými, bílými, případně červenými proužky nebo skvrnami (Michener, 2007). Tyto včely si svá hnízda zakládají buď již existujících dutinách, jakými mohou být rostlinná stébla, či prázdné ulity, případně si některé druhy staví hnízdo na povrchu stromů, nebo skal a jsou známy i druhy, které si dutiny pro svá hnízda zhotovují hloubením v zemi (O'Brien, 2007). Skupinu rozdělujeme dále na smolanky (*Trachusa*, *Paranthidium*, *Anthidielum* a *Icteranthidium*), vlnářky (*Rhodanthidium*, *Pseudoanthidium*, *Anthidium*) a kukaččí včely (*Anthiodictes*, *Stelis*) (Macek *et al.*, 2010; Litman *et al.*, 2016). Zatímco vlnářky používají ke stavbě svých hnízd zejména chloupky rostlinného původu, smolanky sbírají pro tento účel pryskyřici, zejména jehličnatých stromů, kterou dále

mísí s dalším rostlinným materiálem, či zeminou (Macek *et al.*, 2010; Litman *et al.*, 2016). Všechny druhy přítomné na našem území jsou aktivní v létě od června do září (Macek *et al.*, 2010).

3.6.2. Ostnoštitky (Dioxyini)

Skupina včel menšího vzrůstu s holým tělem. Žihadlo je u těchto jedinců zakrnělé. Na území České republiky se vyskytují 2 druhy, které parazitují na populacích jiných čalounicovitých včel. Do jejich hnízd nakladou vajíčka, přičemž následně vylíhlé larvy parazitují na potravě čalounic (Macek *et al.*, 2010).

3.6.3. Čalounice (Megachilini)

Většina jedinců z této skupiny je charakteristická velkými kusadly, jejichž struktura vypovídá o způsobu stavby hnízda, kdy většina druhů je používá k ukrajování listů a následnému obkládání stěn hnízda a vytváření komůrek (Macek *et al.*, 2010).

Předpokládá se, že úkrojky listů slouží mimo jiné ke zmírnění vysychání nanošené potravy v hnízdech čalounic (Macivor & Moore, 2013). U některých čalounic nejsou kusadla výrazně vyvinuta a ty ve většině případů staví hnízda z materiálu jako je písek, jíl, úkrojky květů či rostlinný materiál, který předtím rozžvýkají (Macek *et al.*, 2010). Druhy čalounice vojtěšková (*Megachile rotundata*) a *Megachile campanulae* patří mezi první hmyz, u kterého bylo popsáno využití syntetického materiálu při stavbě hnízda. Ten slouží zejména jako bariéra před vnikem vlhkosti do hnízda (Macivor & Moore, 2013). Mezi časté včely na našem území patří například čalounice obecná (*Megachile centuncularis*) a čalounice různobarvá (*Megachile versicolor*). Tyto druhy jsou si navzájem poměrně podobné. Jedná se o včely dorůstající délky přibližně 10 mm s úzkými pásky na koncích článků zadečku. Jejich hnízdem je často dutina v mrtvém dřevě či jiných přirozeně se vyskytujících dutin. Mimo to svá hnízda zakládají taktéž v lodyhách rostlin, které jsou suché a jsou častými obyvateli uměle vytvořených hnízd pro včely samotářky. Čalounice různobarvá se od čalounice obecné odlišuje absencí odstálých štětín na konci zadečku. Samci jsou poměrně těžko od samic rozlišitelní a jediný spolehlivý znak jsou tak kopulační orgány. Většina druhů čalounic se vyskytuje na území s teplejším klimatem (Macek *et al.*, 2010).

3.6.4. Zednice (Osmiini)

Zednice jsou skupina včel s více než 1000 popsánymi druhy (Michener, 2007), jejichž první zástupci se pravděpodobně nacházeli na území Palearktu (Praz *et al.*, 2008b).

Hnízdní biologie zednic je dost rozmanitá. V závislosti na druhu tyto včely staví hnízda

v zemi, pod kameny, na skalnatých površích, v dutinách stonků, v hálkách či v opuštěných dutinách, které zanechal jiný hmyz (Cane *et al.*, 2007). Kromě toho je známo i několik druhů, které si jako hnízdo vybírají výhradně prázdné ulity měkkýšů (Bellmann, 1997). Jako materiál pro stavbu jim pak často slouží písek, bláto, okvětní lístky a jiný rostlinný materiál (Cane *et al.*, 2007).

4. Zednice (*Osmia*)

4.1. Zastoupení rodu

Jedná se o druhý druhově nejpočetnější rod z tribu Osmini. Zahrnuje přes 350 druhů ve 20 podrodech, které se vyskytují na severní polokouli. Více než polovina druhů se pak vyskytuje v oblasti Palearktu (Michener, 2007; Rightmyer *et al.*, 2013; Griswold & Michener, 2007). Na území České republiky se nachází 20 druhů (Macek *et al.*, 2010). Opylovači *O. bicornis* a *O. cornuta*, kterými se má tato práce zabývat, náleží do podrodu *Osmia* Panzer (*Osmia* s. str.) (Ascher & Pickering, 2020).

Podrod *Osmia* s. str. zahrnuje 29 popsáných druhů, které se vyskytují v Holarktické oblasti. Většina druhů se vyskytuje v Palearktu, kromě dvou, které mají původ v Nearktické oblasti (*Osmia lignaria* a *Osmia ribifloris*) a dalších dvou druhů, které do Nearktické oblasti byly zavlečeny z Asie (*Osmia cornifrons* a *Osmia taurus*) (Ascher & Pickering, 2020). V dnešní době jsou některé druhy introdukovány mimo své původní oblasti zejména z důvodu různých vlastností, které jsou důležité pro optimální opylování některých plodin (Stubbs *et al.*, 1994).

4.2. Binomie zednic (*Osmia*)

Všechny včely rodu *Osmia* jsou univoltinní, což znamená, že létající dospělci žijí několik týdnů až měsíců a zimu přečkávají jedinci v hnízdě. Ti se na jaře dostávají z vytvořených kokonů a vylétávají z hnízda. Zástupci rodu *Osmia* jsou jedněmi z nejčasnějších opylovačů, které lze na jaře na rozkvetlých loukách spatřit (Westrich, 1990). Vajíčka samců, která nejsou oplodněná (Elias *et al.*, 2010), jsou umístěna blíže k východu z hnízda a také se líhnou dříve, než je tomu u samic. Poté, co z hnízda vylezou i samice a spáří se se samci, začnou samice shánět potravu v podobě pylu a nektaru. Nasbíranou potravu umístí do hnízda, které je následně rozděleno na několik komůrek, kde se v každé nachází po jednom vajíčku a jsou navzájem od sebe oddělené přepážkami, které jsou nejčastěji z hlinitého materiálu. Před položením vajíčka do hnízda samice nejdříve nanese potřebnou zásobu potravy pro jednoho potomka, k čemuž je zapotřebí absolvovat několik cest mezi hnízdem a rostlinami (Zurbuchen *et al.*, 2010). Po vylíhnutí jedince z vajíčka se larvy později živí připraveným pylem a nektarem (Coudrain *et al.*, 2016). Po následném vývoji se larva zakuklí a zimu přežívá v kokonu, kde se dokončí vývoj až do stádia dospělého (Bosch, 2008).

Dospělé včely se dostanou z kukly již během začátku podzimu, avšak následně přezimují v kokonech. Hnízda samička zakládá především v dutinách rostlinných pletiv,

jakými mohou být například stonky rákosu či jiné již vytvořené dutiny. Dle Fabreho (2016) jsou jedinci schopní ovlivnit pohlaví jedince již při kladení vajíčka. Samičky *Osmia* jsou znatelně větší než samci (samice jsou cca 1,6krát těžší než samci). Jejich vývoj trvá o něco déle, než je tomu u samců, a tak jsou umístěny dále od východu. Zároveň již při stavbě hnízda je k této skutečnosti přihlíženo a hnízdní komůrky, kde z vajíčka vyrostou samice, bývají zpravidla větší, než tomu je u samce (Raw, 1972). Dle Ivanova (2006) je také počet jednotlivých komůrek závislý na počtu hnízd, které samice zakládá. Pokud tak samice danou sezónu postaví více hnízd, lze předpokládat, že počet komůrek v nich bude menší. Při stavbě hnízd bývají také první hnízda, která samice daný rok postaví, s větším počtem vajíček, než tomu je u hnízd, která jsou postavena později. Váha vytvořených přepážek se liší a ta mezi první a druhou komůrkou je nejlehčí a poslední je nejtěžší. Kromě toho se mění i délka jednotlivých komůrek, kdy je na začátku nejdelší a na konci nejkratší. Taktéž bylo při této studii zjištěno, že délka komory nezávisí na průměru dutiny hnízda. Seidelmann *et al.* (2010) pak ve své studii zmiňují efekt, kdy potomci menších samic jsou buď rozměrově menší samice, nebo převažují v populaci samci, kteří jsou proti samicím menší a vyžadují tak pro svůj vývoj méně potravy. Tuto skutečnost Seidelmann *et al.* (2010) zdůvodňují faktem, že menší samice při vynaložení stejného množství energie jsou schopny nanosit menší množství potravy pro larvy, než je tomu u samic větších. Při obstarávání potravy je také hnízdo v případě meších samic delší dobu nezakryté přepážkou. To zvyšuje riziko osídlení tohoto hnízda parazity. Při velkém počtu samic v jedné oblasti může dojít ke konkurenci zednic o potravní zdroj, kvůli čemuž jsou samice schopné nasbírat menší množství pylu a nektaru, což má za následek vylíhnutí menších samic či samců, jejichž populace bude hůře prospívat. Omezení počtu samic tak může mít negativní vliv na celkové fitness populace v krátkém časovém horizontu, ale zabrání to zvýšené míře parazitismu a možnému vymření celé populace v příštích letech. Posunutí poměru pohlaví v populaci je také ovlivněno stářím samice, kdy s postupující sezónou klade stále méně vajíček, ze kterých se následně vylíhnou samice. K opačnému jevu dochází například u příbuzného druhu vlnařky obecné (*Anthidium manicatum*), kdy jsou naopak samice menší než samci, a tak v případě menší matky nebo nedostatku potravy, je produkováno více potomků samičího pohlaví. Dle Seidelmann *et al.* (2010) lze očekávat podmíněné rozdělení pohlaví, které se často i ostatních samotářských včel a vos vyskytuje, pokud jsou splněny 3 základní podmínky. První podmínkou je, že existuje výrazný rozdíl v investicích pro syna a dceru. Dále existuje selektivní tlak, který snižuje efektivitu

vložených prostředků do potomstva (například parazitismus). Jako poslední podmínku uvádí přítomnost parametru, který ovlivňuje schopnost zajištění potomstva (typicky velikost samice).

4.3. Vzhled

Jedná o štíhlé včely, které dorůstají přibližně 10 mm. Na povrchu těla je kryjí světlé chloupky (Lindstedt *et al.*, 2008; Roquer *et al.*, 2020), které zejména na zadečku mnohdy tvoří proužky. Tykadla (antenna) u podrodu *Osmia* Panzer sahají až k prvnímu abdominálnímu segmentu těla (propodeum). Sosák (proboscis) v klidu nedosahuje za střed hrudi. V oblasti pod a za očima se nachází malá lesklá prohlubeň (Michener, 2007). Samce od samic lze poměrně snadno rozpoznat díky světlým chloupkům, které se nachází v oblasti mezi očima. V minulosti byla *Hoplitis* podrodem *Osmia*. V roce 2008 byl však na základě fylogenetických nálezů tento rod osamostatněn (Praz *et al.*, 2008a). Zástupci rodů *Osmia* a *Hoplitis* si jsou ale velmi podobní. Rozpoznávacím znakem však může být například chybějící jamka na sedmém článku hrudní části, vrchní oblasti u *Hoplitis*. Mandibula samice rodu *Hoplitis* je třízubá, zatímco u *Osmia* jsou zuby 4. Dále také zednice rodu *Osmia* mají na ventrální straně zadní kyčle podélný hřeben (carinu). Clypeus samic *Osmia* je porostlý oranžovými chloupky ze spodní strany (Michener, 2007).

4.4. Nejvýznamnější zástupci

4.4.1. *Osmia bicornis*

Zednice rezavá (*O. bicornis*, ale někdy též uváděná pod synonymem *Osmia rufa*) je druh samotářské včely, která na našem území patří mezi středně velké druhy. Jedná se o jeden z nejhojnějších druhů včel. Kromě toho je její výskyt zaznamenán v téměř celé Evropě (Schindler & Peters 2011), severní Africe, Íránu a Kazachstánu. Své české jméno získala podle červeného zbarvení chloupků na těle. U samic se na clypeu vyskytují nápadné kutikulární růžky. Dospělci tohoto druhu dorůstají 8-13 mm a jsou nejaktivnější během května až července. Hnízda tvoří zejména v již vytvořených dutinách, například v chodbách jiného hmyzu, suchých lodyhách a kmenech, či prázdných ulitách (Macek *et al.*, 2010). Při výběru hnízda preferují dutiny s průměrem 6-8 mm, což je důležité brát v úvahu při výběru umělého hnízda pro chov těchto opylovačů (Frank *et al.*, 2008). V dutinách vytváří 2-30 plodových komůrek (Macek *et al.*, 2010).

Při opylování preferují pyl zejména z dubu, z tohoto důvodu je využití *O. bicornis* jako opylovače v sadech sporné. Dále pak jako zdroj pylu hojně využívají pryskyřník, ostružiník, či řepku olejnou (Raw, 1974; Šlachta *et al.*, 2020). Vzhledem k faktu, že dub poskytuje pouze pyl a pro potravu určenou larvám je důležitý i nektar, navštěvují tyto zednice i vrby (*Salix*), javor (*Acer*), kaštan (*Aesculus*), brukev řepku (*Brassica napus*) a růžovité rostliny (Rosaceae), kam patří většina stromů pěstovaných v ovocných sadech (Jauker *et al.*, 2012; Raw, 1974). Ke komerčnímu opylování je *O. bicornis* využívána od 70. let 20. století (Gruber *et al.*, 2011; Holm, 1974).

Jejich přirozený výskyt je pozorován hlavně u okrajů lesů, případně v zahradách a jiných synantropních oblastech, kde má dostatek potravy. Tento druh se na rozdíl od *O. cornuta* vyskytuje i ve vyšších oblastech (Macek *et al.*, 2010; Šlachta *et al.*, 2020).



Obrázek 3: Zednice rezavá (*Osmia bicornis*)

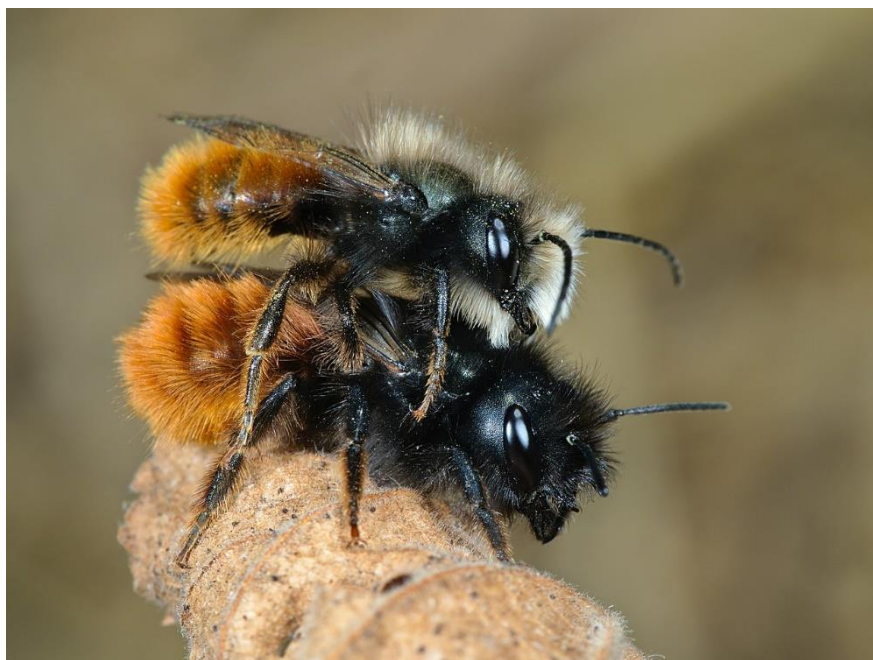
4.4.2. *Osmia cornuta*

Dospělci zednice rohaté (*O. cornuta*) mají zavalité tělo dlouhé 10-15 mm, jsou tedy ještě o kus větší, než tomu bývá u *O. bicornis*. Stejně jako zednice rezavé disponují kutikulárními růžky na clypeu. Jejich letová aktivita začíná dříve – již od konce března a trvá přibližně do června. Díky tomu, že tento druh vylétá dříve, než je tomu například u *O. bicornis*, je dopad parazitů na populace těchto zednic mírnější (Bosch, 1994). I tyto zednice stejně jako předchozí druh vyhledávají pro hnízdění zejména již vytvořené dutiny, a tak je možné je najít například v rozpadajících se zděných zídkách nebo v mezerách mezi kameny (Macek *et al.*, 2010).

Vzhledem k mírně větším rozměrům než u předchozího druhu preferují *O. cornuta* při chovu dutiny s průměrem 8-12 mm (Frank *et al.*, 2008).

Jejich hlavním zdrojem pylu při hledání potravy jsou růžovité rostliny, a tak se jedná o vhodný druh pro opylování stromů v ovocných sadech. Kromě toho však navštěvuje i některé brukvovité (Šedivý & Dorn, 2014; Eckhardt *et al.*, 2014). *O. cornuta* byl nejdříve využíván na území USA v polovině 80. let 20. století (Torchio & Asensio, 1985) a později se začal chovat pro účely opylování i v Evropě, zejména ve španělských sadech s mandloněmi (*Prunus*) (Bosch *et al.*, 2000a). Kromě toho je ale používán i v mnoha jiných evropských zemích, jakými je například Dánsko, Anglie, Srbsko, či Itálie a jeho intenzivnější používání se uvažuje i v jiných státech (Krunić *et al.*, 2005).

Tento druh lze sledovat zejména na loukách a jiných otevřených biotopech (Macek *et al.*, 2010). Přirozeně se na našem území vyskytuje ve větším počtu pouze v nížinách, jedinci jsou nacházeni zejména na západě České tabule a v jižní části Moravy. Úspěšně jsou však chovány i v pahorkatinných oblastech (Šlachta *et al.*, 2020).



Obrázek 4: Zednice rohatá (*Osmia cornuta*)

4.4.3. Další druhy rodu *Osmia*

Osmia lignaria je druh zednice, který se vyskytuje nejvíce na východě USA. Význam *O. lignaria* jako opylovače vzrostl zejména v polovině 70. let 20. století. V této ale i pozdější době byl použit zejména v sadech s mandloněmi, třešněmi (*Prunus*) (Torchio,

1981a; Bosch & Kemp, 1999) a jabloněmi (*Malus*) (Torchio, 1976), k čemuž je vhodný díky preferenci pylu z těchto rostlin (Boyle *et al.*, 2020).

Osmia tricornis se vyskytuje především na jihu Evropy a severu Afriky (Peters, 1974). Nejvíce sbírají pyl z rostlin, které produkují malé množství nektaru, případně jím nedisponují vůbec. Takovými rostlinami může být dub (*Quercus*), mák (*Papaver*) či pryskyřník (*Ranunculus*) (Vicens *et al.*, 1994).

Osmia cornifrons pochází z oblasti severní a východní Asie (Biddinger *et al.*, 2013). S využitím *O. cornifrons* jako opylovačem jabloňových sadů se začalo v Japonsku ve 40. letech 20. století a na přelomu druhého tisíciletí se tento druh používal již na více než 75 % těchto sadů. Taktéž v dnešní době patří mezi nejčastěji používané opylovače v japonských sadech (Sekita, 2001). V omezené míře se využívá i na území USA, kde je však častěji chován původní druh pro tuto oblast *O. lignaria* (West & McCutcheon, 2009). U *O. cornifrons* byla zjištěna preference pylu z růžovitých rostlin, což je vhodná vlastnost pro opylování ovocných sadů. Kromě toho samice také ve větší míře sbírají pyl z rostlin jako je zmarlika (*Cercis*), hlošina (*Elaeagnus*), javor (*Acer*) či pampeliška (*Taraxacum*) (Vaudo *et al.*, 2020).

Osmia ribifloris pochází z východu Severní Ameriky (Bosch & Kemp, 2015). Tato zednice je specializována pro opylování medvědice (*Arctostaphylos*), ve větší míře však opyluje i další vřesovcovité rostliny, jako jsou různé druhy brusnic (*Vaccinium*) (Torchio, 1990), čehož se využívá při komerčním opylování na západě USA (Sampson *et al.*, 2004).

Kromě výše zmíněných druhů se jako účinní opylovači osvědčily i druhy *Osmia excavata*, *Osmia pedicornis*, *Osmia tersula* a *Osmia taurus* (Bosch & Kemp, 2002; Weiss *et al.* 2012; Sheffield *et al.*, 2008b, Wei *et al.*, 2002).

4.5. Využití zednic jako opylovačů

V posledních letech je zaznamenán celosvětový pokles diverzity opylovačů, což podněcuje debaty o možných řešeních této situace (Hole *et al.*, 2005). Na opylování živočichy je totiž celosvětově závislých 80 % druhů rostlin (Althaus *et al.*, 2021). Kromě druhové diverzity však klesá i celkový počet opylovačů, a to jak těch volně žijících, tak i komerčně používaných (Winfree, 2008). Tento úbytek je spojovaný především s rozsáhlejším používáním intenzivního zemědělství a častým používáním pesticidů. V zemědělské krajině je nejčastějším opylovačem včela medonosná (*Apis*

mellifera), jejíž počty však dlouhodobě klesají. Jedním z mnoha problémů je u těchto opylovačů například fenomén kolapsu kolonií. Při něm většina dělnic opustí své hnízdo a zůstane v něm pouze omezený počet včel, které se starají o nevyhláhlé larvy. Přesná příčina tohoto jevu není jistá. Předpokládá se však, že na vině jsou různé pesticidy, insekticidy a patogeny, které jsou přenášeny parazity (Cepero *et al.*, 2014). Také z tohoto důvodu Bosch & Kemp (2002) navrhuji využití samotářských včel k opylování ploch, jakými mohou být například ovocné sady.

Zednice se řadí mezi polylektické opylovače, kdy jednotlivé druhy sbírají pyl z 9 až 20 rostlinných čeledí (Torchio, 1987). Pokud jsou však v blízkosti jejich hnízdiště rostliny, které svojí početností významně dominují, zednice preferují jako zdroj potravy právě květy těchto rostlin (Radmacher & Strohm, 2010). Tato vlastnost je pak obzvláště žádaná právě při chování zednic jako opylovačů ovocných sadů.

Včely rodu *Osmia* jsou opylovači, kteří v některých ohledech předčí nejvyužívanější opylovače včely medonosné (*Apis mellifera*). U rostlin, jako je například jabloň, je u zednic větší šance, že dojde k opylení rostliny. Včela medonosná se totiž soustředí zejména na nektar, který se nachází mezi bázemi tyčinek a čnělkou. Při jeho sběru tak nemusí dojít ke kontaktu s reprodukčními orgány rostliny (Monzón *et al.*, 2004; Vicens & Bosch, 2000b). Při sběru pylu taktéž zástupci rodu *Osmia* přelétávají mezi jednotlivými stromy, což je mnohdy u sadů velmi důležité, neboť některé rostliny vyžadují oplodnění pylem z jiné rostliny (Ladurner *et al.*, 2015). Díky tomu, že jejich areál, ve kterém shánějí potravu, je oproti včele medonosné podstatně menší, je možné opylování těmito samotářskými včelami zacílit právě na rostliny nacházející se v určených sadech (Sheffield *et al.*, 2008a). Kromě toho jsou také zednice schopné opylovat i v případě horšího počasí, kdy včely medonosné již nevyhláhlají z hnízda. Dále doba letové aktivity během dne je u zednic delší a létají i v případě nižších teplot, než je tomu u již zmiňovaných nejčastěji používaných komerčních opylovačů (Vicens & Bosch, 2000b). Zejména poslední jmenovaná vlastnost je využívána u sadů se stromy, které kvetou již časně zjara, jakými mohou být třešně, či mandloně (*Prunus*) (Bosch *et al.*, 2006).

K efektivnímu opylování stromů v sadech je zapotřebí dostatečné množství opylovačů. V závislosti na druhu pěstovaných rostlin a případně velikosti stromů je na 1 ha sadu doporučováno chovat 350–750 opylovačů rodu *Osmia* (Sedivy & Dorn, 2014). Daný počet zednic by se neměl příliš překračovat. Následkem tohoto většího počtu by totiž

mohlo být hledání potravy v jiné oblasti, kvůli čemuž by nám část našich opylovačů mohla hnízdít mimo námi sledovanou a zaměřenou oblast (Torchio, 1985). Kromě toho by byla větší kompetice o zdroj potravy, což by znamenalo menší dostupné množství pylu a nektaru pro každého jedince. Sledovat počet opylovačů je tak jedním z důležitých úkolů při chovu zednic nejen kvůli prosperitě populace, ale také z důvodu efektivitu opylování v následujících letech (Torchio, 1985).

4.6. Chov zednic

4.6.1. Přírodní podmínky

Při chovu zednic je zapotřebí brát v úvahu nestálost přírodních podmínek, které mohou mít negativní vliv na populace zednic. Takovouto nepříznivou okolností může být například zhoršené počasí, které neumožňuje letovou aktivitu. Kromě toho může negativní roli hrát i déle trvající zima, což má za následek zkrácení doby květu. To zapříčiní i zkrácení doby, po kterou mohou včely tyto květy využívat jako zdroj potravy (Torchio, 1981b). Pro úspěšnost populace zednic a efektivitu opylení je důležitá mimo jiné velikost samic. Větší samice jsou při sběru pylu ale i opylování rostlin efektivnější. Dále kladou v průměru více vajíček, mají menší míru mortality a žijí déle (Bosch, 2008, Bosch & Kemp, 2004). Ačkoliv je do jisté míry taková velikost dána geneticky, kdy velké samičky produkují vzrostlejší jedince, mnohem větší vliv na velikost má dostupnost potravy a vnější podmínky (Terpedino *et al.*, 1984, Radmacher & Strohm, 2010). Kromě samotné velikosti samice je důležitý i poměr samců a samic.

V přirozených podmínkách zednice vytváří populace s převahou samců. Jako opylovači jsou aktivní zejména samice, které sbírají pyl nejen pro svoji potřebu, ale i pro potomky. Potřeby pro chov v sadech jsou tak pohlavně opačné, oproti podmínkám ve volné přírodě. Na poměr pohlaví má vliv několik okolností. Při příznivých podmínkách mají zednice tendenci klást více vajíček, ze kterých se následně vylíhnou samice, které jsou větší, a je tedy zapotřebí k jejich vajíčkům nanosit větší množství potravy, což je pro samici energeticky více náročné. Dále pokud je samice ještě na počátku svého životního cyklu, tak produkuje více samic, než je tomu u samice starší (Bosch a Vicens, 2005, Torchio, 1984a; Seidelmann *et al.*, 2010). Určitý počet samců je však také důležitý, neboť právě z oplodněných vajíček se líhnou samice. Kromě toho také, pokud se samice včas spáří se samcem, začnou hledat vhodné místo pro hnízdo dříve, než je tomu u neoplozených samic, které následně produkují pouze samce (Sampson *et al.*, 2004).

4.6.2. Hnízdní materiál

Při chovu zednic je důležité zvolit správný hnízdní materiál, jehož vlastnosti mohou ovlivnit početnost, míru mortality a celkové prospívání populace. Kromě ekologických aspektů, které ovlivní samotné opylovače, je však také důležité zvážit ekonomickou stránku, kdy je vhodné vybrat taková hnízda, aby jejich výroba nebyla příliš nákladná, v případě potřeby se s nimi dalo snadno manipulovat a aby měli přiměřenou životnost. Při studiu opylovačů rodu *Osmia* se ukázalo, že samice nejvíce preferovaly hnízda, která byla vytvořena vyvrtáním děr do dřevěných bloků (Bosch, 1995; Torchio, 1984b). Kromě výše zmíněného materiálu byly snahy využít i hnízda s dutinami v polystyrenu, který byl překryt dřevěnou deskou. Daná hnízda však byla pro zednice méně atraktivní a v případě teplejších dní byla teplota v hnízdech příliš vysoká (Bosch, 1995). Lehkou a snadno přenositelnou variantou se ukázala hnízda z papírových trubek vložených do lehkého a voděodolného materiálu, jakým může být například krabice od mléka. Ideální variantou pro kontrolu vývoje larev se ukázaly drážkované desky, které jsou naskládány do přístřešku. Dané desky pak lze v případě potřeby vyndat a zkontrolovat stav populací, nebo drážky zbavit parazitů a odpadního materiálu. Jako atraktivní pro opylovače a vhodné pro chov se taktéž ukázaly bambusové a rákosové duté větvičky (Bosch, 1995, Torchio, 1982). Při obsazování hnízd některé zednice vykazovaly tendenci obsazovat hnízda, ze kterých se vylíhly. Stále však velkou roli hrála atraktivita samotného hnízdního materiálu (Torchio, 1984a, Bosch, 1994). Toto chování může zvýšit pravděpodobnost napadení hnízdními parazity nebo nakažení infekčním onemocněním, které následně může ohrozit vývoj jedinců (Bosch a Kemp, 2001).

Závěr výzkumu Bosche & Kempa (2005) byl, že umístění vytvořených hnízd do oblasti má pravděpodobně kladný vliv na zvýšení populace opylovačů. Po umístění hnízdících pomůcek bylo dosaženo výrazného zvýšení populace *O. bicornis*, a to v tempu 2,8násobku počtu těchto opylovačů za 1 rok. Tento vysoký přírůstek však mohl být dán i příznivými podmínkami, které po dobu výzkumu panovaly. Dalším aspektem, který mohl napomoci k takovému výsledku, mohl být výběr hnízdního materiálu. Použité bambusové větvičky nejsou tak snadno osidlovány parazity, kteří by mohli mít negativní vliv na vývoj zejména kokonů *O. bicornis*.



Obrázek 5: Malé hnízdo s deskami

4.6.3. Umístění hnízd a okolní vegetace

Zvýšení obsazenosti hnízd v sadech lze také dosáhnout umístěním několika zednic do sadu před vylétnutím z hnízd naší hlavní populace. Zednice totiž často hnízdí v agregacích, a tak mají větší tendenci na daném místě hnízdit, pokud již v blízkosti jiné zednice mají taktéž založena svá hnízda. K provedení této metody je však nutné mít v blízkosti sadu kromě samotných stromů, na které má být opylování zacílené, i jiný zdroj potravy pro včely. Tyto rostliny by měly kvést alespoň o týden dříve než ovocné stromy v sadech, aby poskytly zejména dříve vypuštěným zednicím potravu (Krunić *et al.*, 2001). Zednice jsou generalističtí opylovači, takže k tomuto účelu může být využito více druhů rostlin (Cripps & Rust, 1989). Kromě toho při vhodném výběru mohou být rostliny méně náchylné na změny počasí a teplot než sadové rostliny, a tak v případě nižších teplot a horšího počasí, které zapříčiní pomalejší nástup květu u ovocných stromů, mohou dané rostliny sloužit po určitou dobu i jako potrava pro hlavní generaci

opylovačů. Poté co stromy začnou poskytovat pyl a nektar, nepředstavují dříve rozkvetlé rostliny velké riziko z hlediska kompetice o opylovače, jelikož ovocné stromy jsou zednicemi často preferovány (Bosch & Kemp, 2001). Vhodné je v blízkosti sadů pěstovat rostliny, které kvetou i v době, kdy ovocné stromy jsou již odkvetlé. To pomůže zachovat stálý přísun potravy pro opylovače. Zednice, které by tak z důvodu menší dostupnosti pylu a nektaru začaly klást více vajíček s méně náročnými samci, mohou i po odkvětu stromů stále produkovat vajíčka se samicemi (Bosch *et al.*, 2006). Rostlinami vhodnými pro zednice, které jsou pro ně atraktivní, nenáročné na pěstování a neovlivňují produkci v sadech, jsou například rostliny z čeledi brukvovitých (Brassicaceae), jako je například brukev řepka (*Brassica napus subsp. napus*) nebo hořčice setá (*Sinapis alba*). Dále Sheffield *et al.* (2008b) zmiňují, že pro druhy *Osmia bicornis*, *O. cornuta* a *O. cornifrons* je vhodnou rostlinou lupina (*Lupinus*). Kromě potravních podmínek se na vývoji populace také pozitivně podepíše, pokud se v okolí vyskytují materiály, které umožní zednicím si vystavět další hnízda. Těmi mohou být například starší klády dřeva, ale i lidská obydlí, která obsahují taktéž takovéto přírodní materiály (Bosch & Kemp, 2005).

Bylo zjištěno, že rozptýlení populace opylovačů (ve studii Bosche & Kempa (2005) konkrétně *O. bicornis*) je závislé na umístění hnízd vzhledem k sadu. Při umístění hnízd na kraj sadů se zednice pohybovaly spíše po obvodu sadu, a pokud nebylo uměle vytvořené hnízdo umístěné blíže do středu sadu, byl pohyb jedinců tímto směrem omezen. Při vypuštění jedinců byla také více obsazována hnízda podél linie stromů, zatímco obsazování napříč liniemi bylo mnohem nižší. Z tohoto důvodu je pro efektivní opylení stromů v sadu nutné umístit hnízda rovnoměrně po celém sadu. Zároveň bylo zjištěno, že v ekologickém hospodaření byla obsazovanost hnízd vyšší, než tomu bylo u konvenčního (68 % vs. 54 %). Počet buněk v jednotlivých hnízdech byl však stejný. Jako hlavní předpokládaná příčina je považováno používání insekticidů a herbicidů v konvenčním zemědělství a nižší diverzita rostoucích rostlin.

Důležitá je i samotná orientace hnízda ke světovým stranám. Výzkumy ukázaly, že nejvhodnější je, pokud jsou vchody dutin orientovány na jihovýchod, aby byla hnízda ozářena světelnými paprsky již od rána (Bosch & Kemp, 2001; Yoon, 2015). Je tedy taktéž důležité, aby vchod hnízd nebyl zejména v ranních hodinách zastíněn jinými předměty, což by mohlo opozdit výlet opylovačů a zkrátit tak celkovou dobu opylování

během dne (Torchio & Asensio, 1985). To následně vede nejen k nižší efektivitě opylování, ale také vytvoření méně komůrek s vajíčky ve hnízdech (Torchio, 1981a). Dále se ukázalo, že hnízda, která byla orientována na sever, nebyla pro samice zednic příliš atraktivní (Torchio, 1981b). Je také vhodné, pokud je hnízdo vyvýšeno, aby na dutiny nepůsobila například rosa a bylo alespoň zčásti chráněné před pozemním hmyzem, který by mohl negativně působit na populaci v hnízdě (Krunić *et al.*, 2005; Bosch & Kemp, 2001). V okolí hnízda by se pak měl nacházet zdroj jílu, který slouží jako stavební materiál zejména při stavbě přepážek mezi jednotlivými komůrkami s potomky. Pokud tento zdroj není příliš rozsáhlý, je vhodné na něj umístit například bednění s pletivem, které dovolí zednicím neomezeně k jílu létat, ale alespoň částečně zabrání hmyzožravým ptákům v predaci těchto opylovačů (Bosch & Kemp, 2001).

Při chovu zednic bylo zjištěno, že větší procento dutin bylo obsazeno, pokud do sadu bylo rovnoměrně umístěno více menších hnízd než v případě menšího počtu velkých hnízd (Torchio, 1984a). Takovéto rozmístění menších hnízd dále pak také zvyšuje efektivitu opylování, mimo jiné také z důvodu kratší letové aktivity zednic, která je v rozmezí 50–150 metrů od hnízda (Zurbuchen *et al.*, 2010). Pro optimální opylování je tak vhodné hnízda rozmisťovat s mezerami 50–100 metrů (Herrmann & Trautmann, 2010).

4.6.4. Parametry hnízda

Kromě samotného materiálu jsou důležité i parametry hnízda, jako je hloubka dutin, jejich průměr, či orientace ke světovým stranám. Čím je dutina delší a širší, tím je zaznamenána nižší míra mortality vyvíjejících se jedinců, vyšší poměr samic, větší velikost vyvinutých jedinců, a také vyšší počet jedinců, kteří jsou v dané dutině nakladeni. Míra atraktivity pro zednice taky roste, avšak pouze do určitého rozměru. Například u pokusu s jedinci *O. cornuta* byly výše jmenované vlastnosti pro prospívání populace nejlepší u dutin s největším průměrem (9 mm), zatímco zednice tohoto druhu nejvíce obsazovaly hnízda s mírně nižším průměrem vchodu do hnízda (8 mm) (Bosch, 1994). Větší roli při preferenci hnízda však stále měl hnízdící materiál (Torchio, 1981a).

Z výsledků studie zabývající se chovem *O. bicornis* vyplývá, že při delší bambusové větvičce použité jako hnízdo, je samičí produkováno více potomků, ze kterých se vyvinou samice. Možným vysvětlením tohoto jevu by mohlo být, že kratší větvičky jsou pravděpodobně náchylnější k parazitismu, a tak sem samičky kladou vajíčka, ze kterých se vyvinou samci, jelikož jsou menší než samice a také méně energeticky nároční na

poskytnutou potravu. Parazitismus má velký vliv na celkovou prosperitu populace. Ve studii Seidelmana *et al.* (2010) byl parazitismus hlavní příčinou úmrtí ještě plně nevyvinutých jedinců a představoval důvod 70,1 % ztráty buněk. Zároveň však parazitismus měl pouze minimální vliv na výslednou velikost vzrostlých jedinců (Kim, 2003). Gruber *et al.* (2011) dále zjistili, že při délce větvičky přibližně 15 cm je poměr pohlaví rovnoměrný. Při použití takovýchto hnízdicích pomůcek je tak efektivnější umisťovat spíše delší větvičky o délce 15–20 cm, aby bylo dosaženo vyváženého poměru pohlaví, avšak spíše s převahou samic, neboť právě ty jsou zodpovědné za většinu opylovacích činností a zajištění potravy potomkům.

4.6.5. Sběr kokonů

Při vypouštění nově vylíhlých jedinců z kokonů z jejich původního hnízda je velká pravděpodobnost (60–75 %), že se tyto opylovači uhnízdí buď ve stejné dutině, nebo v jejím okolí (Bosch *et al.*, 2000b). To je sice dobré pro uchování populace v místě chovu, avšak zvyšuje to riziko parazitace, zejména hnízdními parazity. Další možností je ještě nevylíhlé kokony sesbírat a následně vylíhlé včely po uskladnění ve vnitřních prostorech hromadně vypustit. Tato metoda umožňuje hnízda před dalším použitím očistit od zednicemi nanošeného materiálu a parazitů, kteří by negativně ovlivnili vývoj populace opylovačů (Bosch & Kemp, 2001). Kromě toho se také dají kokony rozdělit na samčí a samičí, neboť větší kokony jsou obvykle samičí. Pokud jsou v sadech vypouštěni již zcela vyvinutí jedinci, je poměrně vysoké riziko rozptýlení vypouštěné populace do širšího okolí (Maccagnani *et al.*, 2003). Tomuto problému se dá alespoň zčásti předcházet umístěním ještě nevylíhlých kokonů do místa vypouštění, díky čemuž si jedinci vytvoří asociaci s daným místem (Monzón *et al.*, 2004). Riziko disperze dospělých vypuštěných jedinců se dá dále snížit, jak již bylo výše zmíněno, vypuštěním menší skupinky zednic, ke které se později hlavní skupina přidá (Krunić *et al.*, 2001).

4.6.6. Přesun hnízd

Při přesunu hnízd s vajíčky je zapotřebí dodržovat některá pravidla. Poté, co samička zednic se v hnízdě usídí a začne do dutin klást vajíčka, je přizpůsobena na dané hnízdo a okolní body v krajině, podle kterých se orientuje (Vicens & Bosch, 2000a). V průběhu tohoto procesu není vhodné s hnízdem manipulovat, neboť hrozí poměrně velké riziko, že samice dané hnízdo opustí (Bosch & Kemp, 2001). Kromě toho může dojít k oddělení vajíčka, či mladé larvy od pylových zásob, což by způsobilo jejich úmrtí

(Herrmann & Trautmann, 2010). Tyto přesuny hnízd by tak měly být prováděny pouze v případech, kdy okolní podmínky mohou populaci opylovačů ohrozit. Danou situaci může být například aplikování insekticidů v sadu. Postup, který minimalizuje opuštění samice hnízda je přesun hnízda v noci, kdy samice spí uvnitř hnízda. Hnízda se pak umístí do chladicí komory, které imitují přirozené nízké teploty, které musí samice občas snášet. Po přibližně 4 dnech by měla být hnízda opět umístěna na své původní místo. Přesun hnízda do nové lokace s novými rostlinami z důvodu vyčerpání pylových zdrojů, či ukončení květu rostlin v oblasti předešlé může být problematictější než přesun do oblasti původní. Úspěšnost usazení dané populace na nové lokaci závisí na druhu zednic (Vicens & Bosch, 2000a) a také na tom, zda jsou zednice přenášeny do podobného prostředí s většinou stejných rostlin, či do prostředí zcela odlišného. Maccagnani *et al.* (2007) při přesunu hnízda z jednoho hrušňového sadu do jiného zjistili míru opuštění hnízda zednic v míře 30-65 %, zatímco při přesunu hnízda do místa s jinými rostlinami hnízdo opustilo až 90 % samic.

4.6.7. Osídlení hnízda jinými druhy

Při umístění hnízd v blízkosti je zapotřebí brát v úvahu, že hnízda mohou obsadit i jiné druhy než námi přímo chtěné. Například při výzkumu Bosche & Kempa (2005), byla ve sledované oblasti umístěna hnízda v podobě plastových trubek naplněných bambusovými větvičkami o délce 20 cm, a průměru otvorů 0,7 – 1 cm. Hnízda byla umístěna v březnu, ještě před začátkem letové aktivity prvních jedinců. Kromě *O. bicornis*, na které byla studie zaměřená, se v hnízdech vyskytovaly i druhy jako *O. cornuta*, *Megachile centuncularis*, *Megachile versicolor*, *Megachile alpicola* a *Megachile ligniseca*.

4.7. Rizika pro populace zednic

V jihovýchodní Evropě lze nalézt mnoho parazitoidů, parazitů, či živočichů ničících hnízda *O. cornuta* a *O. bicornis*, kteří ohrožují tyto opylovače. Při komerčním použití těchto zednic pro opylování je tak nutné kontrolovat tuto faunu, od které by mohlo plynout potenciální riziko ohrožení populace včel jak v aktivním období, tak v době přezimování. V některých případech může populace ohrozit i plíseň či používané insekticidy a herbicidy v zemědělství. Podle toho, jak konkrétně dané druhy škodí, je můžeme rozdělit na kleptoparazity, parazitoidy, predátory, ničitele hnízd, či kleptobionty.

4.7.1. Kleptoparaziti

Kleptoparaziti osidlují hnízda jiných jedinců stejného druh (vnitrodruhová kleptoparaziti) nebo jiných druhů (mezidruhová kleptoparaziti) a využívají jimi nanošené zásoby potravy (Bosch, 2015).

Mezi kleptoparazity, patří například zelenuška včelí (*Cacoxenus indigator*) (Diptera: Drosophilidae). Dospělí jedinci jsou 3–3,5 mm dlouzí. Samice kladou vajíčka do hnízd *O. bicornis* a *O. cornuta* k připraveným zásobám pylu. Kromě dané komůrky, kam je vajíčko zelenušky nakladeno, je larva schopná dostat se přepážkami i do jiných částí. Díky tomu mohou využít potravu, která je určena pro ostatní larvy. Jako ochrana před tímto kleptoparazitem byl v rámci experimentu použit lepidivý papírový proužek umístěný na stranu hnízda, kde tyto kleptoparaziti vyčkávají, až samice opustí hnízdo, aby do hnízda mohli naklásť vajíčka. Na tomto papíře však uvízl pouze omezený počet jedinců tohoto druhu (Stanisavljević, 1996). Jako účinná ochrana se taktéž ukázalo manuální použití aspirátoru. Toto opatření je však ve velkých sadech poměrně časově náročné a nebylo by tak realizovatelné. Populace *O. cornuta*, které byly v mandloňových sadech ve Španělsku studovány, nebyly příliš tímto kleptoparazitem ovlivněny, nebo pouze minimálně, protože tyto včely dokončily svůj vývoj ještě před vylíhnutím těchto kleptoparazitů. V Itálii bylo taktéž zaznamenáno poměrně malé zasažení druhu *O. cornuta* tímto druhem. Larvy *O. bicornis* již však byly více ohroženy,



Obrázek 6: Zelenuška včelí (*Cacoxenus indigator*)

z důvodu rozdílné aktivní doby těchto zednic (Stanisavljević, 1996).

Peříčkovník zednicový (*Chaetodactylus osmiae*) (Astigmata: Chaetodactylidae) je roztoč, který je v Evropě poměrně rozšířený. Na severu se vyskytuje až na území

Dánska či Uralu a na jihu je jeho působení zaznamenáno až na hranicích Balkánského poloostrova. Kromě zednic, kterými se tato práce zabývá, se tento roztoč nachází v hnízdech mnoha včel samotářek (Černý & Šamšínák, 1971). Ke zvýšenému výskytu tohoto roztoče přispívá vyšší vlhkost v hnízdech, kdy ve vhodných podmínkách je schopen za jednu sezónu vyprodukovat až 10 generací. V případě nevhodných podmínek je roztoč schopen vytvořit imobilní encystovanou fázi, kdy je v této podobě schopen vytrvat po několik let, než opět nastanou podmínky pro jeho aktivaci. Kromě konzumace zásoby pylu určeného pro vyvíjející se jedince včel samotářek mohou populaci ohrožovat i přímou konzumací vajíček, či některých pozdějších vývojových stádií. Stěny kokonů však nejsou schopni narušit (Krombein, 1962). Pro prevenci a omezení výskytu roztočů rodu *Chaetodactylus* je možné použít 0,007% postřík endosulfanu, který se může aplikovat přímo na infikované kokony. V Japonsku byl tento postřík nastříkán ještě do prázdných hnízd, aby se zamezilo šíření *Chaetodactylus nipponicus* (McKinney & Park, 2013). Pokud však kokony nebyly vyjmuty z infikovaného hnízda, i po aplikování tohoto postříku se zde určitý počet roztočů vyskytoval. Určitou ochranou před těmito kleptoparazity by mohlo být i tepelné ošetření hnízd, neboť v letech, která se vyznačovala vysokými teplotami (v maximech až 40 °C) byla zaznamenána zvýšená mortalita roztočů.



Obrázek 7: Peříčkovník zednicový (*Chaetodactylus osmiae*) na zednici rezavé (*Osmia bicornis*)

4.7.2. Parazitoidi

Parazitoidi jsou organismy, které pro svůj vývoj využívají tělo jiného živočicha, kterého taktéž usmrtní a ve většině případů i zkonzumují. Významným parazitoidem, který se vyskytuje zejména na severu Evropy a byl zavlečen i do Severní Ameriky, je

Monodontomerus obscurus (Hymenoptera: Torymidae). Tento hmyz napadá zejména hnízda *O. bicornis* a *O. cornuta*. Samice tohoto parazitoida jsou velké přibližně 3,8-4,9 mm a pro vývoj svých potomků využívají larvy výše zmíněných druhů zednic. Svým kladélkem, které vytvoří otvor v průměru přibližně 1 mm, proniknou skrz materiál hnízda (zejména papírové trubky nebo stébla rákosu, neboť ve většině případů nejsou schopni perforovat materiál lamelových hnízd). Kladélkem pronikne až do larvy v hnízdě, do kterého vstříkne paralyzující tekutinu. Následně naklade vajíčka buď vedle larvy, nebo přímo do ní. K jedné larvě je *Monodontomerus obscurus* schopen naklást i 27 vajíček, v průměru to však bývá okolo 10.

Melittobia acasta (Hymenoptera: Eulophidae) je druh chalcidky, která působí velké škody v populacích samotářských včel a čmeláků. U tohoto druhu je přítomný velký pohlavní dimorfismus a poměr pohlaví je velkou měrou nakloněn k samicím (95 % jsou samice). Díky svému rychlému vývojovému cyklu (okolo 2 týdnů) je tato chalcidka schopna vyprodukovat několik generací za sezónu. V případě výzkumu Krunic *et al.* (2005) bylo ale v okolí Bělehradu nalezeno pouze několik jedinců v hnízdech *O. cornuta*.



Obrázek 8: *Monodontomerus obscurus*

Palearktický druh *Leucospis dorsigera* (Hymenoptera: Leucospidae) je charakteristický svými žlutými skvrnami a prodlouženými zadními nohama (Krunic *et al.*, 2005). Tento parazitoid si většinou nespřádá svůj vlastní zámotek, ale využívá ten svého hostitele. *Leucospis dorsigera* je schopen v evropských podmínkách vytvářet většinou 2 generace.

Ačkoliv je občas nacházen v hnízdech druhů *O. bicornis* i *O. cornuta*, není zaznamenán významnější negativní vliv těchto parazitoidů.

Posledním významným parazitoidem pro druhy zednic studované při výzkumu v okolí Bělehradu je dvoukřídlá černule obecná (*Anthrax anthrax*) (Diptera: Bombyliidae). V dospělosti se jedná o 10-13 mm dlouhé mouchy černého zbarvení s tmavými křídly s bílými konci. Samičky vhazují vajíčka do hnízd za letu pohybem zadního konce těla. Larva prvního instaru nazývaná planidium se vyznačuje zvýšenou pohyblivostí, a tak je schopna se rychle dostat do potravy larvy hostitele ještě dříve, než dojde k uzavření hnízda. Krunic *et al.* (2005) uvádí, že je toto vývojové stádium schopno narušit strukturu vytvořených přepážek a dostat se tak i do vzdálenějších míst hnízda. Larva této mouchy má na své přední části tvrdý útvar, který jí slouží k otevření kokonu hostitele a k narušení přepážek v hnízdu. Poškození, které tato moucha způsobuje, je dvojího typu. Černule způsobuje přímé poškození, kdy larva přímo zabije larvu včely. Dále hnízdo ohrožuje poškozením přepážek při migraci směrem ven, kdy jsou ohroženy i nenapadené larvy poškozením hnízda. V oblasti výzkumu v Bělehradu nepředstavoval tento druh významné riziko. Při studii Šlachta *et al.* (2020) byli tito parazitoidi nacházeni také pouze v omezené míře. V Itálii a jejím okolí se ale již jedná o častý druh a v Německu je zodpovědný za 2 % ze všech napadených jedinců komerčně využívaných solitérních včel. Jako ochrana jsou používána hnízda, která mívají žluté zbarvení a kromě otvorů, které slouží pro uhníždění zednic také díry, které mívají hloubku okolo 0,5 cm. Vzhledem k takovýmto rozměrům jsou nevhodné pro zednice. Černule však tyto otvory nerozlišují, a tak kladou vajíčka do těchto otvorů, kde jejich larvy nemohou škodit opylovačům. Nejedná se sice o opatření, které by zcela zbavilo populaci zednic tohoto parazitoida, alespoň se však jeho úspěšnost působení citelně sníží (Felicoli, 2017).



Obrázek 9: Černule obecná (*Anthrax anthrax*)

4.7.3. Predátoři

Mezi druhy, kteří ohrožují tyto opylovače, patří například pestrokrovečník včelový (*Trichodes apiarius*) (Coleoptera: Cleriadae). Dospělci dorůstají délky 9-16 mm a jsou rozpoznatelní díky výrazným černočerveným krovkám. Dospělce lze najít zejména na květech miříkovitých rostlin (Apiaceae). Samičky pokládají svá vajíčka do hnízd samotářských včel, ale vyskytuje se i v hnízdech včel medonosných. Z vajíčka se následně líhne larva, která je schopna pozřít larvy včel. Larvy jsou charakteristické červeným zbarvením a jejich vývojový cyklus trvá celou sezónu. Při výzkumu Krunic *et al.* (2005) byly zejména tyto larvy nacházeny v hnízdech sestrojených z lamel a v omezené míře v hnízdech z rákosí u druhů *Osmia bicornis* a *Osmia cornuta*. Larva se ve většině případů dostala i do ostatních komůrek, kde se živila dalšími larvami opylovačů.



Obrázek 10: Pestrokrovečník včelový (*Trichodes apiarius*)

Častými predátory jsou i hmyzožraví ptáci, jako například sýkora koňadra (*Parus major*), straka obecná (*Pica pica*), datel černý (*Dryocopus martius*), či konipas bílý (*Motacilla alba*). *Osmia cornuta* létá i v relativně nízkých teplotách, na rozdíl od většiny hmyzu, a tak se stává častým terčem právě těchto predátorů. Větší škody na populaci však mohou ptáci způsobit v období přezimování, kdy se dostanou do hnízda, kde hledají larvy jako zdroj potravy. Hnízda je tak vhodné opatřit ochranným pletivem, který alespoň z části ochrání hnízdo před predací. Jako účinná ochrana se také ukázala instalace lesklých plastových proužků v blízkosti hnízda, které odráží světlo a při pohybu zapříčiněném poryvem větru odrazují případné ptačí predátory.

4.7.4. Ničitelé hnízd

Další skupinou organismů jsou živočichové, kteří nemají přímý užitek z potravy včelích larev nebo z larev samotných, ale využívají jejich hnízda, čímž jsou následně poškozena. Mezi takovéto ničitele hnízd patří například vrtavec zhoubný (*Ptinus fur*) (Coleoptera: Ptinidae), který se vyskytuje zejména v Holarktické oblasti. Kromě využívání včelích hnízd bývají často přítomni v ptačích hnízdech. Tento nelétavý druh dorůstá délky 3-5 mm a vyznačuje se dlouhými tykadly. Samice kladou vajíčka do hnízd samotářských včel mezi pyl a stěnu hnízda. Na jaře vyvinutí jedinci vylézají z hnízda. Využívána jsou zejména použitá hnízda, jelikož se živí odpady živočišného a rostlinného původu. V podmínkách jižní Evropy nebyly při výskytu tohoto hmyzu zaznamenány značné škody na populacích včel.

Trogoderma glabrum (Coleoptera: Dermestidae) je brouk z čeledi kožojedovitých, který se kromě svého původního výskytu v Evropě začal objevovat i v Severní Americe.

V současné době ho lze tak nalézt na většině území Holarktické oblasti. Jedná se brouky černého zbarvení, kteří mají na povrchu krovek bílé a černé chloupky, které však vlivem častého pohybu v substrátu odpadávají, a krovky tak získávají v dospělosti kovový lesk. Samice, která dorůstá velikosti přibližně 6 milimetrů, klade vajíčka do hnízd samotářských včel. Vylíhlé larvy se následně živí převážně rostlinnou potravou, ale vzácně se živí i živočišnou potravou, nejčastěji v podobě těl mrtvého hmyzu. Ačkoliv byly nalezeny ve starých hnízdech larvy tohoto druhu, které se podílejí na poškození těchto hnízd, neznamenal to výraznější poškození populace *O. cornuta* a *O. bicornis*.

Dalším ničitelem hnízd je motýl z čeledi zavíječovitých, zavíječ paprikový (*Plodia interpunctella*) (Lepidoptera: Pyralidae). Kromě škod na hnízdech samotářských včel je tento druh taktéž známý z domácností, kde je považován za významného škůdce na

potravinách. Při výzkumu Krunicé *et al.* (2005) byly větší počty larev tohoto motýla nacházeny v lamelárních boxech, než tomu bylo u hnízd z rákosí. Jejich působení v hnízdě však opět nemělo za následek větší úmrtnost *O. bicornis* a *O. cornuta* a nebyl zaznamenán ani jiný větší negativní vliv.

Posledními významnými živočišnými ničiteli hnízd těchto samotářských včel jsou takzvané vosy hrnčířky z podčeledi Eumeninae, kam patří například druhy rodů *Ancistrocerus* a *Symnorphus*. V průběhu léta tyto vosy kladou do dutých rákosových stébel vajíčka. Pokud jsou vosy přemnožené a volná hnízda nejsou v dostačujícím počtu, začne často tento druh ničit již vzniklá hnízda *O. bicornis* a *O. cornuta*, kde naklade vlastní potomstvo. Systém hnízda je pak podobný jako je tomu právě u těchto samotářských včel, tedy jednotlivá vajíčka odděluje přepážkou (Krunic *et al.*, 2005).

4.7.5. Kleptobionti

Když začínají samotářské včely zásobovat svá hnízda potravou, mnohdy je část tohoto materiálu nacházeno spadeno pod hnízdy. Toho využívají různé kleptobionti, zejména pak mravenci (Hymenoptera: Formicidae). V některých případech byli mravenci nacházeni i uvnitř hnízd, odkud odnášeli pylová zrna. Vcházeli však pouze do ještě neuzavřených hnízd a po uzavření přepážkou, se tento prvek hnízda nesnažili překonat. Shánění potravy v samotném hnízdě však byl poměrně ojedinělý jev a většina pylových zrn pocházela z prostoru před hnízdem, kam spadla. Kromě pylových zrn byla z tohoto prostoru často odnášena mrtvá těla včelích samečů, která byla před hnízdem v hojných počtech. Pokud jsou mravenci pozorováni ve větším množství, byla při výzkumu Krunic *et al.* (2005) přijata ochranná opatření, kdy byla hnízda opatřena papíry s lepivým materiálem, a okolí nosných sloupů hnízd bylo posypáno insekticidy. V okolí hnízd byli pozorováni především mravenci *Formica cunicularia*, *Formica rufibarbis*, *Formica balcanica*, *Tetramorium caespitum* a *Camponotus fallax*. Jejich negativní vliv na včelí populace byl minimální a ohrožovaly pouze ty slabé občasným kradením potravy.

4.7.6. Další druhy osídlující hnízda

Kromě výše zmíněných druhů byly v hnízdech nacházeny i druhy jako například: *Osmia coerulescens*, *Liposcelis divinatorius*, *Lepisma saccharina*, *Forficula auricularia*, *Vespa germanica*, *Polistes bischoffi*, *Xylocopa violacea*, *Megachile pilicrus*, *Megachile* spp, *Chalicodoma hungarica*, *Chalicodoma* sp., *Anthidium florentinum*, *Anthidium melanurum*. Tento hmyz převážně pouze osídluje hnízda *O.*

bicornis a *O. cornuta*, kromě toho však nezpůsobuje větší škody na populacích (Krunić *et al.*, 2005).

4.7.7. Plíseň

Populaci zednic mohou ohrožovat i různé plísně, které jsou častější během vlhčích období, jakými bývá zpravidla podzim či zima. Plíseň nejčastěji napadá larvy a kokony, v hnízdech, které jsou díky této infekci oslabeny, nebo jsou přímo usmrceny. Příkladem může být rod *Ascospaera*, jejíž spory klíčí na nashromážděné potravě zednic a na povrchu larev. Ačkoliv se některé její druhy vyskytují i u společensky žijících včel, většina byla objevena právě u včel samotárek (Wynns *et al.*, 2013).

4.7.8. Výběr hnízdícího materiálu s ohledem na rizikovou faunu

Míra parazitace a napadení hnízda plísněmi závisí mimo jiné na použitém materiálu uměle vytvořeného hnízda. Pokud jsou hnízda z papírového materiálu, hrozí větší riziko parazitace vosou *Monodontomerus obscurus*. Pokud jsou hnízda vytvořená z papírových trubek umístěná ve dřevěném bloku, jsou pak snadno nevyvinutí jedinci nacházeni hmyzožravými ptáky a následně pozřeni. V případě, že jsou hnízda umístěna na zemi, jsou snadným terčem pro myši. Mnohdy se jako obal papírových trubek používá vrstva z rákosí. I ta je však ptáky snadno zničena a populace zednic se tak může snadno stát jejich potravou. Dané jedince pak nemusí ani přímo pozřít, ale samotným narušením struktury hnízda se výrazně sníží šance na úspěšné přezimování kokonů. Na ochranu proti výšen zmíněným zvířatům slouží různé lamelární boxy nebo drátěné pletivo. Proti parazitům z řad bezobratlých ale nepomohou. Riziko napadení zednic plísní lze snížit vyčištěním, nebo výměnou hnízd každý rok. Spory plísní jsou totiž odolné a bez obtíží přečkají další rok v hnízdním materiálu (Krunić *et al.*, 2005).

5. Závěr

Opylování rostlin je nejen pro hospodářské rostliny nezbytný děj, na němž je závislá většina zemědělské produkce. Pro společnost by tak měl být alarmující úbytek opylovačů, který lze obzvláště v posledních letech sledovat. Pomoci ke zmírnění dopadů tohoto úbytku může cílený chov opylovačů. Tím nejznámějším a v minulosti nejhojněji využívaným je včela medonosná. V jejich společenstvech se však často nachází rizika, která negativně ovlivňují vývoj populace. Chov včelstev je navíc poměrně časově náročný a vyžaduje časté zásahy včelařů. Řešením by mohlo být zavedení populací samotářsky žijících včel nejen do okolí hospodářských rostlin. Tyto včely samotářky jsou oproti včelám medonosným méně náročné na údržbu a nevyskytují se u nich choroby v takovém množství, ačkoliv i zde jsou některá rizika, pro tyto opylovače. Navíc se ukázalo, že v některých případech mohou dosahovat vyšší úspěšnosti opylování rostlin než u nejvíce komerčně používaných opylovačů.

V posledních letech se u nás začalo uvažovat o využití zednic *Osmia cornuta* a *Osmia bicornis* jako opylovačů zejména ovocných sadů. Na některých místech se už s těmito druhy začalo i se samotným chovem a prozatímní data ukazují, že chov zednic může být zajímavou alternativou včel medonosných. Při jejich chovu však musí být věnována pozornost různým věcem, jako je umístění hnízd, materiál, ze kterého hnízda jsou, či jejich další parametry. O možnostech využití zednic jako opylovačů svědčí fakt, že v některých zemích jsou již například v sadech používány jako primární opylovači.

Zdroje

ACKERMAN, J. D. Abiotic pollen and pollination: Ecological, functional, and evolutionary perspectives. *Plant Systematics and Evolution* [online]. 2000, 222(1-4), 167-185 [cit. 2022-07-08]. ISSN 0378-2697. Dostupné z: doi:10.1007/BF00984101

ALMEIDA, E. A. B. PIE M, R. BRADY S. G. DANFORTH, B. N. Biogeography and diversification of colletid bees (Hymenoptera: Colletidae). *Journal of Biogeography* [online]. 2012, **39**(3), 526-544 [cit. 2022-07-07]. ISSN 03050270. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2699.2011.02624.x

ASCHER, J. S. PICKERING, J. Discover Life bee species guide and world checklist (Hymenoptera: Apoidea: Anthophila) [online]. 2020 [cit. 2022-07-08]. Dostupné z: https://www.discoverlife.org/mp/20q?guide=Apoidea_species&flags=HAS:

ALTHAUS, S. L. BERENBAUM, M. R. JORDAN, J. SHALMON, D. A. No buzz for bees: Media coverage of pollinator decline. *Proceedings of the National Academy of Sciences* [online]. 2021, **118**(2) [cit. 2022-07-11]. ISSN 0027-8424. Dostupné z: doi:10.1073/pnas.2002552117

BATRA, S. W. T. Ecology, Behavior, Pheromones, Parasites and Management of the Sympatric Vernal Bees *Colletes inaequalis*, *C. thoracicus* and *C. validus*. *Journal of the Kansas Entomological Society* [online]. 1980, **53**(3), 509–538 [cit. 2022-07-07] Dostupné z: <http://www.jstor.org/stable/25084067>

BATRA, S. W. T. Management of hornfaced bees for orchard pollination. *University of Idaho* [online]. 1997, 1-8 [cit. 2022-07-08]. Dostupné z: https://www.pollinatorparadise.com/Solitary_Bees/Hornface.htm

BELLMANN, H. Bienen in Schneckenhäusern. *Biologie in unserer Zeit* [online]. 1997, **27**(2), 106–113 [cit. 2022-07-08]. ISSN 0045-205X. Dostupné z: doi:10.1002/biuz.960270206

BIDDINGER, D. J. JOSHI, N. K. RAJOTTE, E. G. HALBRENDT, N. O. PULIG, C. NAITHANI, K. J. VAUGHAN, M. An immunomarking method to determine the foraging patterns of *Osmia cornifrons* and resulting fruit set in a cherry orchard. *Apidologie* [online]. 2013, **44**(6), 738-749 [cit. 2022-07-11]. ISSN 0044-8435. Dostupné z: doi:10.1007/s13592-013-0221-x

- BISCHOFF, I. FELTGEN, K. BRECKNER D. Foraging Strategy and Pollen Preference of *Andrena vaga* (Panter) and *Colletes cunicularius* (L.) (Hymenoptera: Apidae). *Journal of Hymenoptera Research* [online]. 2003, **12**(2), 220-237 [cit. 2022-07-07]. ISSN 1314-2607 Dostupné z: <https://archive.org/details/biostor-309>
- BOGUSCH, P. STRAKA, J. KMENT, P. Annotated checklist of the Aculeata (Hymenoptera) of the Czech Republic and Slovakia. *Acta entomologica* [online]. 2007, (11), 241-299 [cit. 2022-07-12]. ISSN 0374-1036. Dostupné z: <https://www.aemnp.eu/acta-entomologica-supplementum/volume-11/1219/apoidea-apiformes-vcely.html>
- BOSCH, J. *Osmia cornuta* Latr. (Hym., Megachilidae) as a potential pollinator in almond orchards. *Journal of Applied Entomology* [online]. 1994, **117**(1-5), 151-157 [cit. 2022-07-06]. ISSN 09312048. Dostupné z: [doi:10.1111/j.1439-0418.1994.tb00720.x](https://doi.org/10.1111/j.1439-0418.1994.tb00720.x)
- BOSCH, J. Comparison of Nesting Materials for the Orchard Pollinator *Osmia cornuta* (Hymenoptera: Megachilidae). *Entomologia Generalis* [online]. 1995, **19**(4), 285-289 [cit. 2022-07-10]. ISSN 0171-8177. Dostupné z: [doi:10.1127/entom.gen/19/1995/285](https://doi.org/10.1127/entom.gen/19/1995/285)
- BOSCH, J. KEMP W. P. PETERSON, S. S.. Management of *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae) Populations for Almond Pollination. *Environmental Entomology* [online]. 2000a, **29**(5), 874-883 [cit. 2022-07-10]. ISSN 0046-225X. Dostupné z: [doi:10.1603/0046-225X-29.5.874](https://doi.org/10.1603/0046-225X-29.5.874)
- BOSCH, J. KEMP W. P. Development and Emergence of the Orchard Pollinator *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae). *Environmental Entomology* [online]. 2000b, **29**(1), 8-13 [cit. 2022-07-10]. ISSN 0046-225X. Dostupné z: [doi:10.1603/0046-225X-29.1.8](https://doi.org/10.1603/0046-225X-29.1.8)
- BOSCH, J. KEMP, W. P. How to manage the blue orchard bee. Sustainable Agriculture Network: Beltsville, Maryland, USA, 2002. ISBN 1-888626-06-2
- BOSCH, J. KEMP W. P. Effect of pre-wintering and wintering temperature regimes on weight loss, survival, and emergence time in the mason bee *Osmia cornuta* (Hymenoptera: Megachilidae). *Apidologie* [online]. 2004, **35**(5), 469-479 [cit. 2022-07-10]. ISSN 0044-8435. Dostupné z: [doi:10.1051/apido:2004035](https://doi.org/10.1051/apido:2004035)
- BOSCH, J. VICENS N. Sex allocation in the solitary bee *Osmia cornuta*: do females behave in agreement with Fisher's theory?. *Behavioral Ecology and*

Sociobiology [online]. 2005, **59**(1), 124-132 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0340-5443.

Dostupné z: doi:10.1007/s00265-005-0017-8

BOSCH, J. KEMP, W. P. TROSTLE, G.E. Bee Population Returns and Cherry Yields in an Orchard Pollinated with *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of Economic Entomology* [online]. 2006, **99**(2), 408-413 [cit. 2022-07-12]. ISSN 1938-291X. Dostupné z: doi:10.1093/jee/99.2.408

BOSCH, J. Production of undersized offspring in a solitary bee. *Animal Behaviour* [online]. 2008, **75**(3), 809-816 [cit. 2022-07-10]. ISSN 00033472. Dostupné z: doi:10.1016/j.anbehav.2007.06.018

BOSCH, J. KEMP, W. P. Exceptional cherry production in an orchard pollinated with blue orchard bees. *Bee World* [online]. 2015, **80**(4), 163-173 [cit. 2022-07-10]. ISSN 0005-772X. Dostupné z: doi:10.1080/0005772X.1999.11099452

BOSCH, J. Parasitism in wild and managed populations of the almond pollinator *Osmia cornuta* Latr. (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of Apicultural Research* [online]. 2015, **31**(2), 77-82 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0021-8839. Dostupné z: doi:10.1080/00218839.1992.11101266

BOYLE, N. K., ARTZ, D. R. LUNDIN, O. WARD K. PICKLUM, D. WARDELL G. I. WILLIAMS, N. M PITTS-SINGER, T. L. Wildflower plantings promote blue orchard bee, *Osmia lignaria* (Hymenoptera: Megachilidae), reproduction in California almond orchards. *Ecology and Evolution* [online]. 2020, **10**(7), 3189-3199 [cit. 2022-07-10]. ISSN 2045-7758. Dostupné z: doi:10.1002/ece3.5952

BRANSTETTER, M. G. DANFORTH, B. N. PITTS, J. P. FAIRCLOTH, B. C. WARD, P. S. BUFFINGTON, M. L. GATES, M. W. KULA, R. R. BRADY, S. G. Phylogenomic Insights into the Evolution of Stinging Wasps and the Origins of Ants and Bees. *Current Biology* [online]. 2017, **27**(7), 1019-1025 [cit. 2022-07-07]. ISSN 09609822. Dostupné z: doi:10.1016/j.cub.2017.03.027

CANE, J. H. Soils of Ground-Nesting Bees (Hymenoptera: Apoidea): Texture, Moisture, Cell Depth and Climate. *J. Kans. Entomol. Soc.* [online]. 1991, **64**(4), 406 - 413 [cit. 2022-06-17], Dostupné z: <https://www.jstor.org/stable/25085307?seq=1>

CANE, J. H. GRISWOLD, T. PARKER F. D. Substrates and Materials Used for Nesting by North American *Osmia* Bees (Hymenoptera: Apiformes. *Annals of the*

Entomological Society of America [online]. 2007, **100**(3), 350-358 [cit. 2022-07-10]. ISSN 00138746. Dostupné z: doi:10.1603/0013-8746(2007)100[350:SAMUFN]2.0.CO;2

CELARY, W. Biology of the Solitary Ground-nesting Bee *Melitta leporina* (Panzer, 1799) (Hymenoptera: Apoidea. *Journal of the Kansas Entomological Society* [online]. 2006, **79**(2), 136-145 [cit. 2022-07-07]. ISSN 0022-8567. Dostupné z: doi:10.2317/0022-8567(2006)79[136:BOTSGB]2.0.CO;2

CEPERO, A. RAVOET, J. GÓMEZ-MORACHO, T. BERNAL, J. L. DEL NOZAL, M. J. BARTOLOMÉ, C. MASIDE, X. MEANA, A. GONZÁLEZ-PORTO, A. V. DE GRAAF, D. C. MARTÍN-HERNÁNDEZ, R. HIGES, M. Holistic screening of collapsing honey bee colonies in Spain: a case study. *BMC research notes* [online]. 2014, **7**(1), 649. [cit. 2022-07-07]. ISSN 1756-0500. Dostupné z: doi:10.1186/1756-0500-7-649

CERRUTI, H. R. ANAHÍ, E. *Beetles and pollination*. [online]. Maryland agronomy news, 2020 [cit. 2020-04-10]. Dostupné z: <http://blog.umd.edu/agronomynews/2020/06/29/beetles-and-pollination/> .

COUDRAIN, V. RITTINER, S. HERZOG, F. TINNER, W. ENTLING, M. H.. Landscape distribution of food and nesting sites affect larval diet and nest size, but not abundance of *Osmia bicornis*. *Insect Science* [online]. 2016, **23**(5), 746-753 [cit. 2022-07-06]. ISSN 16729609. Dostupné z: doi:10.1111/1744-7917.12238

CRIPPS, C. RUST, R. W. Pollen Preferences of Seven *Osmia* Species (Hymenoptera: Megachilidae). *Environmental Entomology* [online]. 1989, **18**(1), 133-138 [cit. 2022-07-06]. ISSN 1938-2936. Dostupné z: doi:10.1093/ee/18.1.133

ČERNÝ, V. ŠAMŠIŇÁK, K.- Acaridiae, 495-509. In: BARTOŠ, E. DANIEL, M. ČERNÝ, V. Klíč zvířeny ČSSR IV., želvušky, jazyčnatky, klepítkatci: sekáči, pavouci, štíři, roztoči (ed.). Československá akademie věd, Praha. 1971

DANFORTH, B. N. FANG, J. SIPES, S.. Analysis of family-level relationships in bees (Hymenoptera: Apiformes) using 28S and two previously unexplored nuclear genes. *Molecular Phylogenetics and Evolution* [online]. 2006, **39**(2), 358-372 [cit. 2022-07-07]. ISSN 10557903. Dostupné z: doi:10.1016/j.ympev.2005.09.022

DUŠKOVÁ, L. KOPŘIVA J. Ochrana rostlin proti chorobám a škůdcům. Praha: Grada, 2009. ISBN 978-80-247-2756-1.

ECKHARDT, M. HAIDER, M. DORN, S. MÜLLER, A. INGS, T. Pollen mixing in pollen generalist solitary bees: a possible strategy to complement or mitigate unfavourable pollen properties? *Journal of Animal Ecology* [online]. 2014, **83**(3), 588-597 [cit. 2022-07-10]. ISSN 00218790. Dostupné z: doi:10.1111/1365-2656.12168

EIJNDEN, J. DE RUIJTER A. VAN DER STEEN, J. Method for rearing *Bombus terrestris* continuously and the production bubblebee colonies for polination purposes. *Acta Horticulturae* [online]. 1991, (288), 154-158 [cit. 2022-07-07]. ISSN 0567-7572. Dostupné z: doi:10.17660/ActaHortic.1991.288.20

ELIAS, J. DORN, S. MAZZI, D. Inbreeding in a natural population of the gregarious parasitoid wasp *Cotesia glomerata*. *Molecular Ecology* [online]. 2010, **19**(11), 2336-2345 [cit. 2022-07-10]. ISSN 09621083. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-294X.2010.04645.x

FABRE, J. H. *Bramble-bees and others*. North Charleston, SC: Createspace Independent Publishing Platform. 2016 ISBN 9781546879787

FAEGRI, K. VAN DER PIJL, L. Principles of pollination ecology. Amsterdam: Elsevier. 1978. ISBN 9780080231600.

FRANK, J. H. THOMAS, M. C. YOUSTEN, A. A. *et al.* Pollination by *Osmia* Bees (Hymenoptera: Megachilidae). In: CAPINERA, John L., ed. *Encyclopedia of Entomology* [online]. 2008, 2971-2978 [cit. 2022-07-06]. ISBN 978-1-4020-6242-1. Dostupné z: doi:10.1007/978-1-4020-6359-6_3029

GATHMANN, A. TSCHARNTKE T. Foraging ranges of solitary bees. *Journal of Animal Ecology* [online]. 2002, **71**(5), 757-764 [cit. 2022-07-07]. ISSN 0021-8790. Dostupné z: doi:10.1046/j.1365-2656.2002.00641.x

GENERSCH, E. Honey bee pathology: current threats to honey bees and beekeeping. *Applied Microbiology and Biotechnology* [online]. 2010, **87**(1), 87-97 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0175-7598. Dostupné z: doi:10.1007/s00253-010-2573-8

GRISWOLD, T. L. MICHENER, C. D. The classification of the Osmiini of the eastern hemisphere (Hymenoptera, Megachilidae). *Journal of the Kansas Entomological*

Society [online]. 1997, **70**(3), 207-253 [cit. 2022-07-06]. Dostupné z:

https://www.jstor.org/stable/25085782?casa_token=k-d7R3LE81UAAAAA%3A2r1RXOawdYUBOVd-JYbZW3U-fDN6yVrLwUG0ar6Vb1U7zU7wgbJvVU5NC3kMNzD59NweX-iE9ZCAp48oZlewRV7eNu1YjHe-hAq4RJqnS2-77e19MFPD#metadata_info_tab_contents

GRUBER, B. ECKEL, K. EVERAARS, J. DORMANN, C. F. On managing the red mason bee (*Osmia bicornis*) in apple orchards. *Apidologie* [online]. 2011, **42**(5) [cit. 2022-07-06]. ISSN 0044-8435. Dostupné z: doi:10.1007/s13592-011-0059-z

GULLAN, P. J. CRANSTON, P. S. The insects: an outline of entomology. 3rd ed. Oxford: BlackwellsPublishing. 2005 ISBN 9780412493607.

HANSEN, D. M. KIESBÜY, H. C. JONES, C. G. B. MÜLLER, C. B. Positive Indirect Interactions between Neighboring Plant Species via a Lizard Pollinator. *The American Naturalist* [online]. 2007, **169**(4), 534-542 [cit. 2022-07-07]. ISSN 0003-0147. Dostupné z: doi:10.1086/511960

HERRMANN, M. TRAUTMANN, M. Kernobst-Einsatzmöglichkeiten und Haltung von Mauerbienen (*Osmia* sp.) in intensiven Obstkulturen. *Obstbau*, [online] 2010, **35**(2), 66 [cit. 2022-07-07]. Dostupné z: https://www.dbu.de/projekt_22088/01_db_2409.html

HLADCOVÁ, D. ČAPOUNOVÁ, K. Pestřenky - úspěšní opylovači v zemědělské praxi. *Zemědělec*. 1/2019, 40. ISSN: 1211-3816

HOLE, D.G. PERKINS, A. J. WILSON, J. D. ALEXANDER, I. H. GRICE P. V. EVANS A. D. Does organic farming benefit biodiversity?. *Biological Conservation* [online]. 2005, **122**(1), 113-130 [cit. 2022-07-06]. ISSN 00063207. Dostupné z: doi:10.1016/j.biocon.2004.07.018

HOLM, S. N. *Osmiarufa* L. (Hym. Megachilidae) as a Pollinator of Plants in Greenhouses. *Insect Systematics & Evolution* [online]. 1974, **4**(3), 217-224 [cit. 2022-07-11]. ISSN 1399-560X. Dostupné z: doi:10.1163/1876312X74X00074

IVANOV, S. P. The nesting of *Osmia rufa* (L.) (Hymenoptera, Megachilidae) in the Crimea: Structure and composition of nests. *Entomological Review* [online]. 2006,

86(5), 524-533 [cit. 2022-07-11]. ISSN 0013-8738. Dostupné z:
doi:10.1134/S0013873806050046

JAUKER, F. PETER, F. WOLTERS, V. DIEKÖTTER, T. Early reproductive benefits of mass-flowering crops to the solitary bee *Osmia rufa* outbalance post-flowering disadvantages. *Basic and Applied Ecology* [online]. 2012, **13**(3), 268-276 [cit. 2022-07-08]. ISSN 14391791. Dostupné z: doi:10.1016/j.baae.2012.03.010

JOHNSON, S. D. STEINER, K. E. Generalization versus specialization in plant pollination systems. *Trends in Ecology & Evolution* [online]. 2000, **15**(4), 140-143 [cit. 2022-07-06]. ISSN 01695347. Dostupné z: doi:10.1016/S0169-5347(99)01811-X

KIM, J. Female size and fitness in the leaf-cutter bee *Megachile apicalis*. *Ecological Entomology* [online]. 2003, **22**(3), 275-282 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0307-6946. Dostupné z: doi:10.1046/j.1365-2311.1997.00062.x

KLOUTVOROVÁ, J. SKALSKÝ, M. OUŘEDNÍČKOVÁ, J. HORTOVÁ, B. Metodika ochrany ovoce proti škůdcům s důrazem na ochranu hmyzích opylovačů. Holovousy: Výzkumný a šlechtitelský ústav ovocnářský Holovousy s.r.o., 2018. ISBN 978-80-87030-61-5

KRESS, W. J., SCHATZ, G. E. ANDRIANIFAHANANA, M. Hilary Simons MORLAND, H. S. Pollination of *Ravenala madagascariensis* (Strelitziaceae) by lemurs in Madagascar: evidence for an archaic coevolutionary system?. *American Journal of Botany* [online]. 1994, **81**(5), 542-551 [cit. 2022-07-13]. ISSN 0002-9122. Dostupné z: doi:10.1002/j.1537-2197.1994.tb15483.x

KROMBEIN K. V. Natural history of Plumers Islands, Maryland. XVI. Biological notes on *Chaetodactylus krombeini* Baker, a parasitic mite on the Megachilid bee, *Osmia* (*Osmia*) *lignaria* Say (Acarina: Chaetodactylidae) *Proceedings of the Biological Society of Washington* [online]. 1962, **75**, 237- 250 [cit. 2022-07-06]. ISSN: 0006-324X. Dostupné z: https://wbfc.science/wp-content/uploads/2020/07/1962_Krombein_Chaetodactylus.pdf

KRUNIĆ, M., STANISAVLJEVIC, L. J. BRAJKOVIC, M. TOMANOVIC Z. RADOVIC, I. Ecological studies of *Osmia cornuta* (*latr*) (Hymenoptera, Megachilidae) populations in Yugoslavia with special attention to their diapause. *Acta Horticulturae*

[online]. 2001, (561), 297-301 [cit. 2022-07-11]. ISSN 0567-7572. Dostupné z: doi:10.17660/ActaHortic.2001.561.45

KRUNIĆ, M STANISAVLJEVIĆ, L. J. PINZAUTI, M. The accompanying fauna of *Osmia cornuta* and *Osmia rufa* and effective measures of protection. *Bull. Insectol.* [online]. 2005**58**(2), 141-152 [cit. 2022-07-06]. ISSN 1721-8861. Dostupné z: 209780300_The_accompanying_fauna_of_Osmia_cornuta_and_Osmia_rufa_and_effec tive_measures_of_protection

LADURNER, E. RECLA, L. WOLF, M. ZELGER, R. BURGIO, G. *Osmia cornuta* (Hymenoptera Megachilidae) densities required for apple pollination: a cage study. *Journal of Apicultural Research* [online]. 2015, **43**(3), 118-122 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0021-8839. Dostupné z: doi:10.1080/00218839.2004.11101121

LINDSTEDT, C., LINDSTRÖM, L. MAPPE, J. Hairiness and warning colours as components of antipredator defence: additive or interactive benefits?. *Animal Behaviour* [online]. 2008, **75**(5), 1703-1713 [cit. 2022-07-07]. ISSN 00033472. Dostupné z: doi:10.1016/j.anbehav.2007.10.024

LINSLEY, E. G. The ecology of solitary bees. *Hilgardia* [online]. 1958, **27**(19), 543-599 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0073-2230. Dostupné z: doi:10.3733/hilg.v27n19p543

LITMAN, J. R., GRISWOLD T. DANFORTH, B. N. Phylogenetic systematics and a revised generic classification of anthidiine bees (Hymenoptera: Megachilidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* [online]. 2016, **100**, 183-198 [cit. 2022-07-07]. ISSN 10557903. Dostupné z: doi:10.1016/j.ympev.2016.03.018

MACCAGNANI, B. LADURNER, E. SANTI, F. BURGIO, G. *Osmia cornuta* (Hymenoptera, Megachilidae) as a pollinator of pear (*Pyrus communis*): fruit- and seed-set. *Apidologie* [online]. 2003, **34**(3), 207-216 [cit. 2022-07-07]. ISSN 0044-8435. Dostupné z: doi:10.1051/apido:2003009

MACCAGNANI, B. G. STANISAVLJEVIĆ, L. Z. MAINI, S. *Osmia cornuta* management in pear orchards *Bulletin of Insectology* [online]. 2007, **60**(1), 77 [cit. 2022-07-07] ISSN 1721-8861. Dostupné z: <http://www.bulletinofinsectology.org/pdfarticles/vol60-2007-077-082maccagnani.pdf>

- MACEK, J. STRAKA, J. BOGUSCH, P. DVOŘÁK, L. BEZDĚČKA, P. TYRNER, P. Blanokřídlí České republiky I. Žahadloví. Praha: Academia, 2010. ISBN 978-80-200-1772-7
- MACIVOR, J. S. MOORE, A. E. Bees collect polyurethane and polyethylene plastics as novel nest materials. *Ecosphere* [online]. 2013, **4**(12) [cit. 2022-07-07]. ISSN 2150-8925. Dostupné z: doi:10.1890/ES13-00308.1
- MAY, M L. Insect Thermoregulation. *Annual Review of Entomology* [online]. 1979, **24**(1), 313-349 [cit. 2022-07-07]. ISSN 0066-4170. Dostupné z: doi:10.1146/annurev.en.24.010179.001525
- MICHENER, C. D. The bees of the world 2nd ed. Baltimore: The Johns Hopkins University Press. 2007. ISBN 13: 978-0-8018-8573-0.
- MICHEZ, D. EARDLEY, C. Monographic revision of the bee genus *Melitta* Kirby 1802 (Hymenoptera: Apoidea. *Annales de la Société entomologique de France* (N.S.) [online]. 2013, **43**(4), 379-440 [cit. 2022-07-07]. ISSN 0037-9271. Dostupné z: doi:10.1080/00379271.2007.10697535
- MONZÓN, V. H., BOSCH, J. RETANA, J. Foraging behavior and pollinating effectiveness of *Osmia cornuta* (Hymenoptera: Megachilidae) and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae) on “Comice” pear. *Apidologie* [online]. 2004, **35**(6), 575–585 [cit. 2022-07-07] ISSN 0044-8435. Dostupné z: doi:10.1051/apido:2004055
- O'BRIEN, M. F. Notes on *Dianthidium Simile* (Cresson) (Hymenoptera: Megachilidae) in Michigan. *The Great Lakes Entomologist* [online]. 2007, **40**(1) [cit. 2022-07-07] ISSN: 0090-0222. Dostupné z: <https://scholar.valpo.edu/tgle/vol40/iss1/3/>
- OTYPKOVÁ, S. Proč mizí z krajiny čmeláci? Hlavní příčiny a důsledky celosvětové krize opylovačů. Katedra ekologie a životního prostředí, Univerzita Palackého v Olomouci, bakalářská práce. 2021
- PENN, J. HU, W. PENN, H. J. Support for Solitary Bee Conservation among the Public versus Beekeepers. *American Journal of Agricultural Economics* [online]. 2019, **101**(5), 1386-1400 [cit. 2022-07-07]. ISSN 0002-9092. Dostupné z: doi:10.1093/ajae/aaz050
- PETERS, D. S. Systematik und Zoogeographie der west-paläarktischen Arten von *Osmia* Panzer, 1806 s. str., *Monosmia* Tkalcu, 1974 und *Orientosmia* n. subgen.

(Insecta: Hymenoptera: Megachilidae). *Senckenbergiana Biologica* 1974, **58**: 287–346
ISSN : 0037-2102

FELICOLI, A., AMBROSELLI, S. CILIA, G. SAGONA, S. Parasitization of a wild and reared population of the solitary bee *Osmia cornuta* Latr. by the parasitoid *Anthrax anthrax* Schrank (Diptera, Bombyliidae): comparison between two types of artificial nest. *Journal of Apicultural Research* [online]. 2017, **56**(5), 598-605 [cit. 2022-07-11]. ISSN 0021-8839. Dostupné z: doi:10.1080/00218839.2017.1343019

PRAZ, C. J., MÜLLER, A. DANFORTH, A. B. GRISWOLD, T. L. WIDMER, A. DORN, S. Phylogeny and biogeography of bees of the tribe Osmiini (Hymenoptera: Megachilidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* [online]. 2008a, **49**(1), 185-197 [cit. 2022-07-07]. ISSN 10557903. Dostupné z: doi:10.1016/j.ympev.2008.07.005

PRAZ, C. J. MÜLLER, A. DORN, S. Specialized bees fail to develop on non-host pollen: Do plants chemically protect their pollen. *Ecology* [online]. 2008b, **89**(3), 795-804 [cit. 2022-07-12]. ISSN 0012-9658. Dostupné z: doi:10.1890/07-0751.1

PŘIDAL, A. Morfologie, anatomie, fyziologie, pitva a preparace včely medonosné (*Apis mellifera*, L.). 1996 Brno: Mendelova zemědělská a lesnická univerzita

PŘIDAL, A. Ekologie opylovatelů: vysokoškolská edice, 2. ed. 2005. Brno: Lynx. ISBN 80-86787-04-4

PTÁČEK, V. Čmeláci jsou také včely. *Veronica* [online]. 2009, 2, 26 [cit. 2022-01-14]. ISSN 1213-0699 Dostupné z: <http://www.casopisveronica.cz/clanek.php?id=867>

RADMACHER, S. STROHM, E. Factors affecting offspring body size in the solitary bee *Osmia bicornis* (Hymenoptera, Megachilidae). *Apidologie* [online]. 2010, **41**(2), 169-177 [cit. 2022-07-07]. ISSN 0044-8435. Dostupné z: doi:10.1051/apido/2009064

RAW, A. The biology of the solitary bee *Osmia rufa* (L.) (Megachilidae). *Transactions of the Royal Entomological Society of London* [online]. 1972, **124**(3), 213-229 [cit. 2022-07-06]. ISSN 00358894. Dostupné z: doi:10.1111/j.1365-2311.1972.tb00364.x

RAW, A. Pollen Preferences of Three *Osmia* Species (Hymenoptera). *Oikos* [online]. 1974, **25**(1), 54-60 [cit. 2022-07-12]. ISSN 00301299. Dostupné z: doi:10.2307/3543545

ro, M. G., GRISWOLD T. BRADY, G. S. Phylogeny and systematics of the bee genus *Osmia* (Hymenoptera: Megachilidae) with emphasis on North American *Melanosmia* : subgenera, synonymies and nesting biology revisited: Phylogeny of *Osmia*. *Systematic entomology* [online]. 2013, **38**(3), 561–576. [cit. 2022-07-12] ISSN 0307-6970.

Dostupné z: doi:10.1111/syen.12013

ROQUER-BENI, L. RODRIGO, A. ARNAN, X. KLEIN, A. FORNOFF, F. BOREUX, V. BOSCH, J. A novel method to measure hairiness in bees and other insect pollinators. *Ecology and Evolution* [online]. 2020, **10**(6), 2979-2990 [cit. 2022-07-07].

ISSN 2045-7758. Dostupné z: doi:10.1002/ece3.6112

ROURKE, J. Rodents as pollinators of dwarf proteas. *Veld & Flora* [online]. 1980, **66**(2), 54–56 [cit. 2022-07-07]. ISSN 0042-3203. Dostupné z:

https://hdl.handle.net/10520/AJA00423203_1071

SAMPSON, B. J. STRINGER, S. J. CANE, J. H. SPIERS, J. M. Screenhouse Evaluations of a Mason Bee *Osmia ribifloris* (Hymenoptera: Megachilidae) as a Pollinator for Blueberries in the Southeastern United States. *Small Fruits Review* [online]. 2004, **3**(3-4), 381-392 [cit. 2022-07-06]. ISSN 1522-8851. Dostupné z: doi:10.1300/J301v03n03_15

SCHINDLER, M. PETERS, B. Eignen sich die Mauerbienen *Osmia bicornis* und *Osmia cornuta* als Bestäuber im Obstbau?. *Erwerbs-Obstbau* [online]. 2011, **52**(3-4), 111-116 [cit. 2022-07-12]. ISSN 0014-0309. Dostupné z: doi:10.1007/s10341-010-0118-z

SEDIVY, C. DORN, S. Towards a sustainable management of bees of the subgenus *Osmia* (Megachilidae; *Osmia*) as fruit tree pollinators. *Apidologie* [online]. 2014, **45**(1), 88-105 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0044-8435. Dostupné z: doi:10.1007/s13592-013-0231-8

SEIDELMANN, K. ULBRICH, K. MIELENZ, N. Conditional sex allocation in the Red Mason bee, *Osmia rufa*. *Behavioral Ecology and Sociobiology* [online]. 2010, **64**(3), 337-347 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0340-5443. Dostupné z: doi:10.1007/s00265-009-0850-2

- SEKITA, N. Managing *Osmia cornifrons* to pollinate apples in Aomori prefecture Japan. *Acta Horticulturae* [online]. 2001, (561), 303-307 [cit. 2022-07-12]. ISSN 0567-7572. Dostupné z: doi:10.17660/ActaHortic.2001.561.46
- SHEFFIELD, C. S. KEVAN, P. G. WESTBY, S. M. SMITH, R. F. Diversity of cavity-nesting bees (Hymenoptera: Apoidea) within apple orchards and wild habitats in the Annapolis Valley, Nova Scotia, Canada. *The Canadian Entomologist* [online]. 2008a, **140**(2), 235-249 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0008-347X. Dostupné z: doi:10.4039/n07-058
- SHEFFIELD, C. S. WESTBY, S. M. SMITH, R. F. KEVAN, P. G. Potential of bigleaf lupine for building and sustaining *Osmia lignaria* populations for pollination of apple. *The Canadian Entomologist* [online]. 2008b, **140**(5), 589-599 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0008-347X. Dostupné z: doi:10.4039/n08-011
- SICK, M. AYASSE, M. TENGÖ, J. ENGELS, W. LÜBKE, G. FRANCKE, W. Host-parasite relationships in six species of Sphecoides bees and their halictid hosts: Nest intrusion, intranidal behavior, and Dufour's gland volatiles (Hymenoptera. *Journal of Insect Behavior* [online]. 1994, **7**(1), 101-117 [cit. 2022-07-07]. ISSN 0892-7553. Dostupné z: doi:10.1007/BF01989830
- SPONSLER, D. B. GROZINGER, C. M. HITAJ, C. RUNDLÖF, M. BOTÍAS, C. A. CODE, A. LONSDORF, E. V. MELATHOPOULOS, A. P. SMITH, D. SURYANARAYANAN, J. S. THOGMARTIN, W. E. WILLIAMS, N. M. ZHANG, M. DOUGLAS, M. R. *The Science of the total environment* [online]. 2019, (662), 1012–1027 [cit. 2022-07-07]. ISSN 0048-9697. Dostupné z: doi:10.1016/j.scitotenv.2019.01.01
- STEPHEN, W. P. Artificial Bee Beds for the Propagation of the Alkali Bee, *Nomia melander*1. *Journal of Economic Entomology* [online]. 1960, **53**(6), 1025-1030 [cit. 2022-07-12]. ISSN 1938-291X. Dostupné z: doi:10.1093/jee/53.6.1025
- STUBBS, C.S. DRUMMOND, F.A. OSGOOD, E.A. *Osmia ribifloris* *biedermannii* and *Megachile rotundata* (Hymenoptera: Megachilidae) introduced into the lowbush blueberry agroecosystem in Maine. *Journal of the Kansas Entomological Society* [online]. 1994, **67**(2), 173–185 [cit. 2022-07-12]. ISSN 0022-8567. Dostupné z: https://www.jstor.org/stable/25085506#metadata_info_tab_contents

STUBBS, A. FALK, S. J. British Hoverflies. Workingham: British Entomological and Natural History Society. 2002, ISBN 9781899935055

SMÉKALOVÁ, K. KAFFKOVÁ K. VOTAVOVÁ, A. Podpora čmeláků pro malopěstitele a zahrádkáře. Praha: Výzkumný ústav rostlinné výroby, 2018. ISBN 978-80-7427-292-9.

ŠLACHTA, M. ERBAN, T. VOTAVOVÁ, A. *et al.* Domestic Gardens Mitigate Risk of Exposure of Pollinators to Pesticides—An Urban-Rural Case Study Using a Red Mason Bee Species for Biomonitoring. *Sustainability* [online]. 2020, **12**(22) [cit. 2022-07-12]. ISSN 2071-1050. Dostupné z: doi:10.3390/su12229427

TEPEDINO, V. J. THOMPSON, R. TORCHIO, P. F. Rapid communication heritability for size in the megachilid bee *Osmia lignaria propinqua* Cresson *Apidologie* [online]. 1984, **15**(1), 83-88 [cit. 2022-07-12]. ISSN 0044-8435. Dostupné z: doi:10.1051/apido:19840108

TEPEDINO, V. J. TORCHIO P. F. Founding and Usurping: Equally Efficient Paths to Nesting Success in *Osmia lignaria propinqua* (Hymenoptera. *Annals of the Entomological Society of America* [online]. 1994, **87**(6), 946-953 [cit. 2022-07-07]. ISSN 1938-2901. Dostupné z: doi:10.1093/aesa/87.6.946

TORCHIO, P. F. Use of *Osmia lignaria* Say (Hymenoptera: Apoidea, Megachilidae) as a pollinator in an apple and prune orchard. *Journal of the Kansas Entomological Society* [online]. 1976, **49**(4), 475-482 [cit. 2022-07-07]. ISSN 0022-8567. Dostupné z: https://www.jstor.org/stable/25082856#metadata_info_tab_contents

TORCHIO, P. F. Field experiments with *Osmia lignaria propinqua* Cresson as a pollinator in almond orchards: I, 1975 studies (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* [online]. 1981, **54**(4), 815-823 [cit. 2022-07-07]. ISSN 0022-8567. Dostupné z:

https://www.jstor.org/stable/25084241?casa_token=c7YI38DeFDEAAAAA%3A4j_hgp_BEeKE-7KhmnXo3NVwd1VcegthrjY6Xov6mtAkoYWztmpmLS2tGkqQsWlVkjDnARbKZIgR_HqWi615YGTWuoCj8CogOgvC_xmd3KLZS_leEadh#metadata_info_tab_contents

TORCHIO, P. F. Field experiments with *Osmia lignaria propinqua* Cresson as a pollinator in almond orchards: II, 1976 studies (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal*

of the *Kansas Entomological Society* [online]. 1981, **54**(4) 824-836 [cit. 2022-07-07].

ISSN 0022-8567. Dostupné z:

https://www.jstor.org/stable/25084243?casa_token=zD99DZazBpcAAAAA%3Ac-txAe0BwsnuEAUyYeSFUKHEXqHx6uwHkp5vwzBkT35E-lApc046E-XwCqFhTmxQ4oCORpwmPQhYIMICX674txwyv0QUKDSwNnKJbvwn-lhvLGksRJ-S#metadata_info_tab_contents

TORCHIO, P. F. Field experiments with the pollinator species, *Osmia lignaria propinqua* Cresson (Hymenoptera: Megachilidae) in apple orchards: III, 1977 studies. *Journal of the Kansas Entomological Society* [online]. 1984, **55**(1), 517-521 [cit. 2022-07-07]. ISSN 0022-8567. Dostupné z:

https://www.jstor.org/stable/25084265?casa_token=b6XIuqFm6xQAAAAA%3An3G4RTev26MPVlewi8O46abnFUIA8IzzML3ELdVsx5jvTPYWITfX9edijVp9FmjFHY-MQTKTj2CV_MGYPVxR7eNrYi0BHjbdIzcRnG7TBOaNFrvSxmW5#metadata_info_tab_contents

TORCHIO, P. F. Field experiments with the pollinator species, *Osmia lignaria propinqua* Cresson, in apple orchards: IV, 1978 studies (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* [online]. 1984, **57**(1), 689-694 [cit. 2022-07-07]. ISSN 0022-8567. Dostupné z:

https://www.jstor.org/stable/25084578?casa_token=_5bGlz83bjQAAAAA%3AK29Y2gf7Vf4ZlG3cNXvLTi9TEGqoAaqSrkhi_woNGLSYzzPBSLPatMk7_oRxNmPBQaccGVvzk2z9uHyGumyOTBoOGXeq4XA7ZHpwXCoTR9cVmHVsl02O#metadata_info_tab_contents

TORCHIO, P. F. ASENSIO, E. The introduction of the European bee, *Osmia cornuta* Latr., into the US as a potential pollinator of orchard crops, and a comparison of its manageability with *Osmia lignaria propinqua* Cresson (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* [online]. 1985, **58**(1), 42-52 [cit. 2022-07-07]. ISSN 0022-8567. Dostupné z:

https://www.jstor.org/stable/25084600#metadata_info_tab_contents

TORCHIO, P. F. Use of non-honey bee species as pollinators of crop. (118), 111-124. Ontario: Proceedings of the Entomological Society of Ontario. 1987. ISSN 0071-0768

TORCHIO, P.F. *Osmia ribifloris*, a native bee species developed as a commercially managed pollinator of highbush blueberry (Hymenoptera: Megachilidae). *Journal of the*

Kansas Entomological Society [online].1990, 63(3), 427–436 [cit. 2022-07-07]. ISSN 0022-8567. Dostupné z:

https://www.jstor.org/stable/25085200#metadata_info_tab_contents

MCKINNEY, M. I. PARK, Y. Distribution of *Chaetodactylus krombeini* (Acari: Chaetodactylidae) within *Osmia cornifrons* (Hymenoptera. *Experimental and Applied Acarology* [online]. 2013, **60**(2), 153-161 [cit. 2022-07-12]. ISSN 0168-8162. Dostupné z: doi:10.1007/s10493-012-9629-7

NAKLÁDAL, O. UHLÍKOVÁ, H. Review of historical outbreaks of the nun moth with respect to host tree species. *Journal of Forest Science* [online]. 2016, **61**(1), 18-26 [cit. 2022-07-12]. ISSN 12124834. Dostupné z: doi:10.17221/94/2014-JFS

VAUDO, A. D., BIDDINGER, D. J. SICKEL, W. KELLER, A. LÓPEZ-URIBE, A. M. Correction to ‘Introduced bees (*Osmia cornifrons*) collect pollen from both coevolved and novel host-plant species within their family-level phylogenetic preferences’. *Royal Society Open Science* [online]. 2020, **7**(8) [cit. 2022-07-07]. ISSN 2054-5703. Dostupné z: doi:10.1098/rsos.201375

VELTHUIS, H. H. W. VAN DOORN, A. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination. *Apidologie* [online]. 2006, **37**(4), 421-451 [cit. 2022-07-07]. ISSN 0044-8435. Dostupné z: doi:10.1051/apido:2006019

VICENS, N., BOSCH, J. BLAS, M. Biology and population structure of *Osmia tricornis* Latreille (Hym., Megachilidae). *Journal of Applied Entomology* [online]. 1994, **117**(1-5), 300-306 [cit. 2022-07-07]. ISSN 09312048. Dostupné z: doi:10.1111/j.1439-0418.1994.tb00738.x

VICENS, N. BOSCH, J. Nest Site Orientation and Relocation of Populations of the Orchard Pollinator *Osmia cornuta* (Hymenoptera: Megachilidae). *Environmental Entomology* [online]. 2000, **29**(1), 69-75 [cit. 2022-07-07]. ISSN 0046-225X. Dostupné z: doi:10.1603/0046-225X-29.1.69

VICENS, N. BOSCH, J. Pollinating Efficacy of *Osmia cornuta* and *Apis mellifera* (Hymenoptera: Megachilidae, Apidae) on ‘Red Delicious’ Apple. *Environmental Entomology* [online]. 2000, **29**(2), 235-240 [cit. 2022-07-07]. ISSN 0046-225X. Dostupné z: doi:10.1093/ee/29.2.235

- VINSON, S. B. FRANKIE, G. W. Nest Selection, Usurpation, and a Function for the Nest Entrance Plug of *Centris bicornuta* (Hymenoptera: Apidae). *Annals of the Entomological Society of America* [online]. 2000, **93**(2), 254-260 [cit. 2022-07-07]. ISSN 00138746. Dostupné z: doi:10.1603/0013-8746(2000)093[0254:NSUAAF]2.0.CO;2
- WCISLO, W. T. CANE, J. H. Floral Resource Utilization by Solitary Bees (Hymenoptera: Apoidea) and Exploitation of Their Stored Foods by Natural Enemies. *Annual Review of Entomology* [online]. 1996, **41**(1), 257-286 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0066-4170. Dostupné z: doi:10.1146/annurev.en.41.010196.001353
- WEI, S. WANG, R. SMIRLE, M. J. XU, H.. Release of *Osmia excavata* and *Osmia jacoti* (Hymenoptera: Megachilidae) for apple pollination. *The Canadian Entomologist* [online]. 2002, **134**(3), 369-380 [cit. 2022-07-07]. ISSN 0008-347X. Dostupné z: doi:10.4039/Ent134369-3
- WESTRICH, P. Wildbienen Baden-Württembergs. Stuttgart: Ulmer, 1990. ISBN 9783800133079
- WINFREE, Rachael. Pollinator-Dependent Crops: An Increasingly Risky Business. *Current Biology* [online]. 2008, **18**(20), R968-R969 [cit. 2022-07-06]. ISSN 09609822. Dostupné z: doi:10.1016/j.cub.2008.09.010
- WILMS, W. WIECHERS, B. Floral resource partitioning between native *Melipona* bees and the introduced Africanized honey bee in the Brazilian Atlantic rain forest. *Apidologie* [online]. 1997, **28**(6), 339-355 [cit. 2022-07-07]. ISSN 0044-8435. Dostupné z: doi:10.1051/apido:19970602
- WOODS, S. G. Amazing book of insect records. Farmington Hills: Blackbirch Press, 1999. ISBN 9781567113747
- WYNNNS, A. A., JENSEN, A. B. EILENBERG, J. CHATURVEDI, V. *Ascospaera callicarpa*, a New Species of Bee-Loving Fungus, with a Key to the Genus for Europe. *PLoS ONE* [online]. 2013, **8**(9) [cit. 2022-07-06]. ISSN 1932-6203. Dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0073419
- YOON, H. J. LEE, K. Y. KIM, S. Y. LEE, Y. B. KIM, N. JIN, B. R. Effects of location, direction, altitude, and placement of trap nests on the rate of trap-nesting of *Osmia*

solitary bees. *Journal of Asia-Pacific Entomology* [online]. 2015, **18**(4), 695-700 [cit. 2022-07-06]. ISSN 12268615. Dostupné z: doi:10.1016/j.aspen.2015.08.004

ZOBEL, M. U. PAXTON, R. J. Is big the best? Queen size, usurpation and nest closure in a primitively eusocial sweat bee (*Lasioglossum malachurum*). *Behavioral Ecology and Sociobiology* [online]. 2007, **61**(3), 435-447 [cit. 2022-07-06]. ISSN 0340-5443. Dostupné z: doi:10.1007/s00265-006-0271-4

ZURBUCHEN, A.. LANDERT, L. KLAIBER, J. MÜLLER, A. HEIN, S. DORN, S. Maximum foraging ranges in solitary bees: only few individuals have the capability to cover long foraging distances. *Biological Conservation* [online]. 2010, **143**(3), 669-676 [cit. 2022-07-07]. ISSN 00063207. Dostupné z: doi:10.1016/j.biocon.2009.12.003

Obrázky

- [1] Kolibřík rudohrdlý (*Archilochus colubris*) [cit. 22.6.2022]. Dostupný pod licencí Creative commons na WWW: <https://www.flickr.com/photos/vickisnature/4973951476>
- [2] Čmelák hájový (*Bombus lucorum*) [cit. 22.6.2022]. Dostupný pod licencí Creative commons na WWW: <https://www.flickr.com/photos/juliek1967/17030895645>
- [3] Zednice rezavá (*Osmia bicornis*) [cit. 28.6.2022]. Dostupný pod licencí Creative commons na WWW: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Osmia_bicornis-pjt.jpg
- [4] Zednice rohatá (*Osmia cornuta*) [cit. 28.6.2022]. Dostupný pod licencí Creative commons na WWW: https://en.wikipedia.org/wiki/Osmia_cornuta#/media/File:Male_and_female_Osmia_cornuta_-_La_Pairelle.jpg
- [5] Malé hnízdo s deskami [cit. 6.7.2022]. Dostupný pod licencí Creative commons na WWW: <https://worldbirds.com/mason-bee-house/>
- [6] Zelenuška včelí (*Cacoxenus indigator*) [cit. 6.7.2022]. Dostupný pod licencí Creative commons na WWW: <https://www.flickr.com/photos/gbohne/27149506245>
- [7] Peříčkovník zednicový (*Chaetodactylus osmiae*) na zednici rezavé (*Osmia bicornis*) [cit. 6.7.2022]. Dostupný pod licencí Creative commons na WWW: <https://www.biolib.cz/cz/taxon/id77231/>
- [8] *Monodontomerus obscurus* [cit. 6.7.2022]. Dostupný pod licencí Creative commons na WWW: <https://www.flickr.com/photos/148580175@N04/49946789412>
- [9] Černule obecná (*Anthrax anthrax*) [cit. 6.7.2022]. Dostupný pod licencí Creative commons na WWW: https://commons.m.wikimedia.org/wiki/File:St_Michielsgestel_Tuin_Anthrax_anthrax_040712_1056_Part.JPG
- [10] Pestrokrovečník včelový (*Trichodes apiarius*) [cit. 6.7.2022]. Dostupný pod licencí Creative commons na WWW: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trichodes_apiarius04.jpg