

ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

FAKULTA ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ

KATEDRA APLIKOVANÉ EKOLOGIE



**Dětská hřiště a jejich potenciál pro ochranu
samotářských včel**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Vedoucí práce: Mgr. Filip Harabiš, Ph.D.

Diplomant: Bc. Veronika Jašková

2024 ČZU v Praze

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma, Dětská hřiště a jejich potenciál pro ochranu samotářských včel“ vypracovala samostatně pod odborným vedením Mgr. Filipa Harabiše, Ph.D. a citovala jsem všechny informační zdroje, které jsem v práci použila a které jsem rovněž uvedla na konci práce v přehledu literatury a použitých zdrojů.

Jsem si vědoma, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.

Jsem si vědoma, že odevzdáním diplomové práce souhlasím s jejím zveřejněním podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Svým podpisem rovněž prohlašuji, že elektronická verze práce je totožná s verzí tištěnou a že s údaji uvedenými v práci bylo nakládáno v souvislosti s GDPR

V Hradci Králové, dne 28.3.2024

.....

(podpis autora práce)

Poděkování

Chtěla bych poděkovat svému vedoucímu bakalářské práce Mgr. Filipu Harabišovi, Ph.D. za odborné vedení a cenné rady při zpracovávání této diplomové práce. Dále bych chtěla poděkovat RNDr. Danielu Bendovi, Ph.D. za pomoc s determinacemi samotářských včel. Za odborné rady děkuji také svému konzultantovi Ing. Michalu Knappovi, Ph.D. Nakonec chci moc poděkovat za trpělivost a podporu svému přítelovi a své rodině.

Abstract

Urban areas play a significant role in providing substitute habitats for solitary bees, which lose their habitat due to anthropogenic activities in the surrounding landscape. The aim of the thesis was to analyze playgrounds as potential habitats for the conservation of solitary bees.

In July and August 2023, monitoring of solitary bees was conducted at 41 playgrounds and 41 control sites. Each captured individual was identified to species. Environmental variables were monitored at the sites. Within the playgrounds, landcover in radius of 200 and 500 m was also evaluated.

To compare the influence of playgrounds, control sites, and their environmental variables on the diversity and abundance of solitary bees, generalized linear mixed models (GLMMs) with Poisson distribution were conducted. According to the model results, areas with and without vegetation, nectar availability, paved surface, and amount of greenery within a radius of 500 m significantly influenced the diversity and abundance of bees. The results showed that with increasing nectar availability and vegetation, the diversity and abundance of solitary bees also increased. At the same time, with an increasing proportion of impermeable surface, the abundance of solitary bees decreased.

Canonical correspondence analysis (CCA) was performed to visualize the influence of environmental variables on species composition and community similarity. According to the analysis, significant variables were nectar availability, shading, and paved areas.

A total of 1030 solitary bees were captured during both surveys. 72 species were identified, with the most abundant species the bronze furrow bee (*Halictus tumulorum*). During the study, 5 solitary bees listed in the Red List of Endangered Species of the Czech Republic were captured. These were *Megachile lagopoda* (EN), *Anthophora quadrimaculata* (EN), *Rhopitoides canus* (VU), *Megachile pacifica* (NT) and *Melitta leporina* (NT).

Keywords

Solitary bees, children's playgrounds, urban areas, urban ecology

Abstrakt

Městské oblasti hrají významnou roli v poskytování náhradních stanovišť samotářským včelám, které v důsledku antropogenních činností v okolní krajině přichází o svůj životní prostor. Cílem diplomové práce bylo analyzovat dětská hřiště, jako potenciální stanoviště pro ochranu samotářských včel.

V červenci a srpnu roku 2023 byl proveden monitoring samotářských včel na 41 dětských hřištích a 41 kontrolních plochách. Každý odchycený jedinec byl determinován do druhu. Na lokalitách byly sledovány environmentální proměnné. V rámci dětských hřišť byl hodnocen také krajinný pokryv v poloměru 200 a 500 m.

Pro porovnání vlivu dětských hřišť, kontrolních ploch a jejich environmentálních proměnných na diverzitu a četnost samotářských včel byly provedeny zobecněné lineární modely s náhodnými efekty (GLMMs) s Poissonovým rozdělením. Dle výsledků modelů měly na diverzitu i četnost včel signifikantní vliv plochy s vegetací i bez vegetace, nabídka nektaru, zpevněný povrch a množství zeleně v poloměru 500 m. Výsledky ukázaly, že s rostoucí nabídkou nektaru a vegetace také roste diverzita i četnost samotářských včel. Současně se zvyšující se mírou nepropustného povrchu klesá četnost samotářských včel.

K vizualizaci vlivu environmentálních proměnných na druhové složení a podobnost společenstev byla provedena kanonická korespondenční analýza CCA. Dle analýzy byly signifikantní proměnné nabídka nektaru, zastínění a zpevněné plochy.

Celkem bylo za oba výzkumy odchyceno 1030 samotářských včel. Determinováno bylo 72 druhů, z nichž byla nejpočetnější ploskočelka obecná (*Halictus tumulorum*). V rámci výzkumu bylo odchyceno 5 samotářských včel, které jsou uvedeny v Červeném seznamu ohrožených druhů České republiky. Jednalo se o čalounici bělonohou (*Megachile lagopoda*) (EN), pelonosku liščí (*Anthophora quadrimaculata*) (EN), trnočelku hladkou (*rhopitoides canus*) (VU), čalounici vojteškovou (*Megachile pacifica*) (NT) a pilorožku vojteškovou (*Melitta leporina*) (NT).

Klíčová slova

Samotářské včely, dětská hřiště, městské oblasti, urbánní ekologie

OBSAH

1.	ÚVOD	1
2.	CÍLE PRÁCE.....	3
3.	LITERÁRNÍ REŠERŠE	4
3.1	Definice pojmů	4
3.2	Samotářské včely vyskytující se na území České republiky	5
3.3	Nároky samotářských včel na prostředí	11
3.3.1	Hnízdní nároky samotářských včel	11
3.3.2	Potravní nároky samotářských včel	16
3.4	Výskyt samotářských včel v městských oblastech.....	18
3.4.1	Biotopy městské přírody	19
3.5	Městské oblasti a jejich vliv na samotářské včely.....	20
3.5.1	Vliv gradientu měst na samotářské včely	20
3.5.2	Vliv lokálních proměnných měst na výskyt samotářských včel.....	21
3.6	Legislativa a ochrana samotářských včel ve městech	27
3.6.1	Dětská hřiště a jejich potenciál pro ochranu samotářských včel	30
4.	Metodika.....	31
4.1	Studijní oblast.....	31
4.2	Podpora biodiverzity na území hl. m. Prahy	34
4.3	Dětská hřiště na území hl. m. Prahy	36
4.3.1	Výběr dětských hřišť a kontrolních ploch	37
4.3.2	Gradient urbanizace v okolí dětských hřišť	38

4.3.3	lokální proměnné vybraných lokalit	39
4.4	Popis terénního výzkumu	40
4.5	Sběr samotářských včel	41
4.6	Tvorba podkladů pro analýzu dat	42
4.6.1	Determinace samotářských včel	42
4.6.2	Krajinný pokryv v okolí dětských hřišť	42
4.7	Analýza dat	44
4.7.1	Vliv množství zeleně na diverzitu a četnost samotářských včel	44
4.7.2	Porovnání vlivu dětských hřišť a kontrolních ploch na četnost a diverzitu samotářských včel v červenci a srpnu	44
4.7.3	Vliv jednotlivých environmentálních proměnných dětských hřišť na diverzitu a četnost samotářských včel v porovnání s kontrolními plochami	44
4.7.4	Vzájemné interakce a podobnosti mezi samotářskými včelami a environmentálními proměnnými na dětských hřištích	45
4.8	Výsledky	45
4.8.1	Společenstvo samotářských včel	45
4.8.2	Vliv množství zeleně na diverzitu a četnost samotářských včel	48
4.8.3	Porovnání vlivu dětských hřišť a kontrolních ploch na četnost a diverzitu samotářských včel v červenci a srpnu	49
4.8.4	Vliv jednotlivých environmentálních proměnných dětských hřišť na diverzitu a četnost samotářských včel za měsíc červenec a srpen	50
4.8.5	Vliv environmentálních proměnných a druhové složení a podobnost společenstev	
	54	
5.	Diskuse	57
6.	Závěr	65
7.	Přílohy	89

1. ÚVOD

V dnešním světě, kde lidské činnosti formují krajinu a přírodní prostředí podléhá neustálým změnám, se stává ochrana biologické rozmanitosti jednou ze zásadních priorit (Leung & Gonzalez 2024; Peura et al. 2024). Jedni z mnoha organismů, kteří v důsledku antropogenních činností vyžadují naši pozornost a ochranu jsou samotářské včely (Murthy et al. 2024). Samotářské včely mají zásadní význam z hlediska udržení stability ekosystémů, zachování biologické rozmanitosti a zemědělské produkce (O'Reilly & Stanley 2023). Nehledě na důležitost jejich role v ekosystému je však primární respektovat a chránit jejich samotnou existenci (Baldock 2020).

Dle studií dochází k poklesu četnosti i diverzity samotářských včel v zemích celého světa (Zattara & Aizen 2021). V České republice bylo potvrzeno přes 596 druhů včel. Více jak jedna třetina těchto druhů je uváděna jako kriticky ohrožených, ohrožených nebo zranitelných a 86 druhů již vymizelých (Straka & Bogusch 2017). Tento pokles je připisován intenzifikaci zemědělství, urbanizaci a dalším antropogenním činnostem, které vedou k trvalým změnám a ztrátám stanovišť (Brown & Paxton 2009).

I přes některé negativní vlastnosti rostoucí urbanizace bylo opakovaně prokázáno, že městské zelené plochy, parky, trávníky, komunitní i soukromé zahrady a různá ruderální městská stanoviště obývají mnohdy početná a diverzifikovaná společenstva samotářských včel (Fortel et al. 2014; Hall et al. 2017; Banaszak-Cibicka et al. 2018; Baldock et al. 2019). V mnoha případech jsou městské oblasti na četnost a diverzitu samotářských včel bohatší než okolní zemědělská krajina (Sirohi et al. 2015; Dylewski et al. 2019; Theodorou et al. 2020; Brancher et al. 2023; Cloutier et al. 2024). Některé studie označují města jako hotspots samotářských včel (Baldock et al. 2019; Theodorou et al. 2020; Prendergast et al. 2022). Záleží však na krajinných a místních faktorech, které jsou v rámci jednotlivých měst rozdílné (Lanner et al. 2020).

Řada druhů samotářských včel má poměrně specifické nároky na prostředí, záleží především na dostupnosti potravních a hnízdních zdrojů (Williams & Kremen 2007). Klíčová je dostupnost vhodných ploch a rozmanitých materiálů, které mohou samotářské včely využít k hnízdění (O'Toole & Raw 2004). Pro samotářské včely hnízdící v zemi je volba stanoviště závislá na konkrétním typu a složení půdy (písek, organická hmota, jíl, štěrky), hustotě vegetace, množství holých ploch bez vegetace,

sklonu a zastínění (Cane 1991; Potts & Willmer 1997; Yang & Zhang 2015; Maher et al. 2019; Wilson & Jamieson 2019; Gardein et al. 2022; Winkler et al. 2024). Samotářské včely hnízdící nad zemí jsou ovlivněny dostupností stromů, mrtvého dřeva, křovin, rostlin a dalších přírodních materiálů. Současně jim městské oblasti nabízí mnoho dalších hnízdních struktur jako jsou staré ploty, rozpraskané zdi, okenní rámy a další lidmi vytvořené prvky. Z tohoto pohledu mohou v městských oblastech včely hnízdící nad zemí najít více hnízdních zdrojů, nežli samotářské včely hnízdící v zemi (Steffan-Dewenter & Leschke 2003; Cane et al. 2006).

Zásadní je také dostupnost potravních zdrojů. Vedle hnízdních zdrojů je zásadní dostatečná variabilita potravních zdrojů, které by měly vedle polylektických druhů pokrýt také specifické nároky oligolektických a monolektických druhů samotářských včel. Potravní zdroje by měly být dostupné po celé období aktivity samotářských včel, což může ovlivnit typ managementu, který v případě vyšší intenzity dostupnost potravních zdrojů snižuje. (Chrobock et al. 2013; Fukase & Simons 2016; Da Rocha-Filho et al. 2018; Wenzel et al. 2020; Brancher et al. 2023).

Při výzkumu četnosti a diverzity samotářských včel v městských oblastech byla zaměřena pozornost především na městské parky, komunitní i soukromé zahrady či městskou zeleň (Buchholz et al. 2020; Lanner et al. 2020; Rahimi et al. 2022; Benites et al. 2023; Macharia & Ndiritu 2024), existuje ale řada městských stanovišť, jejichž vliv a potenciál pro ochranu samotářských včel není dostatečně prozkoumán. Mezi tato stanoviště patří i dětská hřiště. Jedná se o místa, která nabízí různorodé plochy písku, hlíny a šterku společně s množstvím keřů, stromů, záhonů a dalších prvků, které by mohly výskyt samotářských včel podporovat (Bagot et al. 2015; Maslovskaja et al. 2021). I přesto, že se dětská hřiště svou kvalitou často výrazně liší, by v případě vhodných managementových opatření mohla představovat síť přírodě blízkých ploch, které by dotvářely a propojovaly zelenou infrastrukturu měst, čímž by podporovaly biodiverzitu nejen samotářských včel (Maslovskaja et al. 2021).

Na základě toho bylo cílem této práce analyzovat potenciál dětských hřišť na území hl. m. Prahy pro ochranu samotářských včel včetně návrhu vhodných opatření pro zlepšení jejich kvality.

2. CÍLE PRÁCE

- I. Monitoring a determinace samotářských včel na vybraných dětských hřištích a kontrolních zelených plochách v rámci území hl. m. Prahy
- II. Analýza vlivu krajinného pokryvu okolí vybraných dětských hřišť na diverzitu a četnost samotářských včel v rámci území hl. m. Prahy
- III. Analýza vlivu konkrétních environmentálních proměnných vybraných lokalit na diverzitu a četnost samotářských včel na území hl. m. Prahy

3. LITERÁRNÍ REŠERŠE

3.1 Definice pojmů

Pojmem „samotářské včely“ jsou v této práci označovány včely, které žijí ve volné přírodě a nejsou řízené člověkem. V některých případech se jedná o společenské včely, které se svým chováním blíží vysoce eusociální včele medonosné (*Apis mellifera*). Příkladem jsou některé druhy samotářských včel z čeledi ploskočelkovití (Halictidae) a včelovití (Apidae).

3.2 Samotářské včely vyskytující se na území České republiky

Včely (Apiformes) představují monofyletický taxon, který náleží do řádu blanokřídlých (Hymenoptera). Jedná se o vysoce diverzifikovanou skupinu, která zahrnuje celou škálu rozmanitých druhů. Doposud bylo celosvětově popsáno více než 20 000 druhů včel. Přibližně desetina z nich se vyskytuje na území Evropy (Michener 2000).

Nadčeleď včel (Apoidea) je složena z 11 čeledí, přičemž 7 z nich náleží do skupiny včel (Apiformes). V rámci čeledí jsou zastoupeny včely s různým stupněm sociality, a to buď samotářské, primitivně i vysoce eusociální nebo kleptoparazitické. Některé eusociální druhy včel pak mají možnost přechodu k původnímu samotářskému způsobu života (Macek et al. 2010; Rubenstein & Abbot 2017).

Tab. 1 Přehled možných cest vývoje společenství samotářských včel, (Michener 2007; Macek et al. 2010; Rubenstein & Abbot 2017)

Příklady sociálního chování	Popis
Samotářské včely	Hnízdí jednotlivě, o svá hnízda se stára každá samice zvlášť.
Hnízdní agregace	Hnízda tvořena v blízkosti hnízd ostatních samic.
Komunální organizace	Společný vchod k plodovým komůrkám. Každá samice pečuje pouze o své vlastní komůrky.
Kvazisociální společenství	Rovnocenná spolupráce samic při tvorbě plodových komůrek i kladení vajíček.
Semisociální společenství	Příbuzné samice v roli kladoucí matky a několika dělnic. Po úhynu matky přebírá funkci jedna z dcer.
Subsociální společenství	Samice se stará o své potomstvo, určité období je v hnízdě více než jedna generace, která se ale v dospělosti rozdělí
Primitivně/ vysoce eusociální společenství	Dělba práce, více generací, U vysoké eusociality je matka v rámci založení hnízda závislá na dělnicích, zatímco u primitivní eusociality matka hnízdo zakládá zcela sama.
Kleptoparazitické včely	Kladení vajíček do komůrek hnízd cizích samic

Česká republika hostí asi 596 druhů včel, které řadíme do čeledí hedvábnicovití (Colletidae), pískorypkovití (Andrenidae), ploskočelkovití (Halictidae), pilorožkovití (Melittidae), čalounicovití (Megachilidae) a včelovití (Apidae) (Macek et al. 2010).

Tab. 2 Čeledi, podčeledi a rody samotářských včel, které se vyskytují na území České republiky společně s jejich stupni sociálního chování.

Čeď	Podčeď ČR	Rody/ triby ČR	Socialita
Hedvábnicovití (Colletidae)	Hedvábnice (Colletinae)	<i>Colletes</i>	Primárně samotářské, hnízdní agregace
	Maskonosky (Hylaeinae)	<i>Hylaeus</i>	
Pískorypkovití (Andrenidae)	Pískorypky (Andreninae)	<i>Andrena</i>	Primárně samotářské, hnízdní agregace, komunální
	Pískohrabky (Panurginae)	<i>Panurgus, Panurginus, Camptopoeum, Melitturga</i>	
Ploskočelkovití (Halictidae)	Ploskočelky (Halictinae)	<i>Halictus, Lasioglossum, Sphecodes</i>	Samotářské, komunální, semisociální, primitivně eusociální, kleptoparazitické
	Trnočelky (Rophitinae)	<i>Rophites, Rophitoides, Dufourera, Systropha</i>	
	Nicotěnky (Nomiodinae)	<i>Nomioides, Ceylaliectus</i>	
	Šupiněnky (Nomiinae)	<i>Pseudapis</i>	
Pilorožkovití (Melittidae)	Chluponožky (Dasypodainae)	<i>Dasypoda</i>	Samotářské
	Olejnice (Macropidinae)	<i>Macropis</i>	
	Pilorožky (Melittidae)	<i>Melitta</i>	
Čalounicovití (Megachilidae)	Čalounice (Megachilinae)	Triby: Vlnařky (Anthidiini), Ostnoštítky (Dyoxyini), Zednice (Osmini), Čalounice (Megachilini)	Primárně samotářské, ojediněle hnízdní agregace nebo komunální hnízdění
	Drvnice (Lithurginae)	<i>Lithurgus</i>	
Včelovití (Apidae)	Drvodělky (Xylocopinae)	<i>Drvodělka (Xylocopa), Kyjorožka (Ceratina)</i>	Samotářské, komunální, primitivně i vysoce eusociální, kleptoparazitické
	Nomády (Nomadinae)	<i>Nomada, Zdobnice (Epeolus), Slídiletka (Blastes), Smutilka (Melecta)</i>	
	Včely (Apinae)	Triby: stepnice (Eucerini), pelonosky (Anthophorini), čmeláci (Bombini), včely (Apini)	

Čeďed' hedvábnicovití (Colletidae) Zahrnuje samotářské včely menších až středních rozměrů s rozpětím těla od 4 do 15 mm. Jedná se o kosmopolitní čeďed', která je nejhojněji zastoupena v Austrálii. Zástupci jsou rozděleni do pěti podčeďedí, z nichž se dvě vyskytují na území České republiky, konkrétně podčeďedi hedvábnice (Colletinae) a maskonosky (Hylaeinae), obě s jedním rodem. Rod hedvábnice (*Colletes*) u nás zahrnuje 13 druhů samotářských včel s pylosběrným aparátem na spodních stranách stehen zadních holení, prvním sternitu a na části bočních beder. Rod maskonosek (*Hylaeus*) se v tomto případě výrazně liší, jelikož pyl zachycují na přední nohy, ze kterých ho následně sčesávají čelistmi a poté polykají do volete, ve kterém dochází k mísení s nektarem. Tato směs je následně využívána jako krmivo pro vývoj larev. Od tohoto způsobu sběru pylu se liší pouze samotářská včela maskonoska rohatá (*Hylaeus cornutus*), která přenáší pyl pomocí ostrých výběžků na čele (Macek et al. 2010; Westrich 2019). U samotářských včel této čeďedi jsou poměrně běžné hnízdní agregace, které se vyznačují shlukováním hnízd. Vyšší stupně sociality, jako je komunální, primitivní semisociální nebo eusociální hnízdění, je u těchto druhů naopak velmi vzácné. Charakteristickým znakem této čeďedi je krátký spodní pysk s dvojlaločným jazýčkem nazývaným glossa, který slouží mimo jiné k roztírání sekretů Dufourových a slinných žláz na vnitřní stěny komůrek, které jsou tímto způsobem lépe chráněny. Pro tuto čeďed' je také typická tvorba přepážek z polymerového povlaku, kterými samice oddělují své plodové komůrky. Jedná se o monovoltinní samotářské včely, tedy s jednou generací za rok, které mají jarní až letní letovou periodu v závislosti na konkrétním druhu (Almeida 2008).

Čeďed' pískorypkovití (Andrenidae) zahrnuje samotářské včely s rozpětím těla od 4 do 16 mm. Jedná se o čeďed' s téměř globálním rozšířením, která zahrnuje 4 podčeďedi. V České republice se vyskytuje podčeďed' pískorypky (Andreninae) a pískohrabky (Panurginae). Mezi pískorypky (Andreninae) je zahrnováno pět rodů, z nichž nejpočetnější je rod pískorypka (*Andrena*), který se v počtu 132 druhů jako jediný vyskytuje na území České republiky. Podčeďed' pískohrabky (Panurginae) zahrnuje 33 rodů, které se vyskytují na celém světě kromě Austrálie a tropické Asie. V České republice žijí zástupci ze 4 rodů, konkrétně pískohrabka (*Panurgus*), bělonoska (*Panurginus*), žlutoproužka (*Camptopoeum*) a trubčice (*Melitturga*) (Macek et al. 2010; Bossert et al. 2022). Samice patřící do této čeďedi jsou typicky samotářskými včelami, které hnízdní v početných agregacích, které často zahrnují stovky až tisíce

samic. I přesto se o své hnízdo stará každá samice zvlášť. V některých případech dochází také ke komunálnímu hnízdění, v rámci kterého samice sdílí společný vchod do oddělených komůrek. Výhodou těchto je především ochrana před hnízdními parazity, jelikož hnízdo nikdy nezůstává příliš dlouho opuštěno (Zablotny 2009; Rubenstein & Abbot 2017). Samotářské včely této čeledi jsou monovoltinní s jarní až letní letovou periodou v závislosti na konkrétním druhu (Macek et al. 2010).

Čeď ploskočelkovití (Halictidae) zahrnuje samotářské včely s velikostí těla od 3 do 16 mm. Jedná se o kosmopolitní čeď, v rámci které bylo doposud popsáno zhruba 3500 druhů, které jsou řazeny do 4 podčeledí, jejichž zástupci se vyskytují také v České republice. Řadíme sem podčeď šupiněnky (Nomiinae), nicotěnky (Nomioidinae), trnočelky (Rophitinae) a ploskočelky (Halictinae) s více než 100 druhy vyskytujícími se v České republice (Danforth et al. 2008; Macek et al. 2010). Jedná se o velice rozmanitou čeď, která zahrnuje všechny přechodné stupně sociality. Mezi ploskočelky (Halictinae) se třemi rody (*Halictus*, *lasioglossum* a *Sphcodes*) řadíme druhy samotářské, komunální, semisociální, primitivně eusociální i kleptoparazitické. Jedná se o morfologicky i bionomicky velmi rozmanité druhy (Buckley et al. 2011; Michener 2007). Zajímavým druhem je eusociální ploskočelka pospolná (*Lasioglossum marginatum*), která má jako jediná víceletý generační cyklus (Wyman & Richards 2003). Do této čeledi patří také ruděnky (*Sphcodes*), které jsou hnízdními parazity samotářských včel rodu *Halictus*, *Lasioglossum* a v některých případech také hedvábnic (*Colletes*) a pískorypek (*Andrena*) (Bogusch & Straka 2014). Samotářské včely z čeledi ploskočelkovití (Halictidae) jsou monovoltinní, s jarní i letní letovou periodou v závislosti na konkrétním druhu (Macek et al. 2010).

Čeď pilorožkovití (Melittidae) je rozšířena v Africe a v mírném pásmu severní polokoule. Jedná se o početně nejmenší čeď, do které náleží 4 podčeledi se 160 druhy samotářských včel (El Abdouni et al. 2021). V České republice se vyskytuje 10 druhů s rozpětím těla od 8 do 17 mm, patřících do podčeledí chluponožky (Dasipodainae), olejnice (Macropidinae) a pilorožky (Melittinae) (Michez et al. 2009; Macek et al. 2010). Samice rodu olejnice (*Macropis*) se vyznačují sběrem rostlinných olejů vrbin pomocí olejnosběrných aparátů tvořených krátkými hustými chloupky. Jedná se o striktně samotářské včely, které mají jednu generaci ročně. Letní letová perioda je jarní nebo letní v závislosti na konkrétním druhu (Michez 2008).

Čeď čalounicovití (Megachilidae) zahrnuje samotářské včely s velikostí těla od 3 do 18 mm. Čeď zahrnuje přes 3000 druhů dělených do 4 podčeďí, které jsou kosmopolitně rozšířeny. V České republice se vyskytují zástupci podčeďí Lithurginae a Megachilinae, přičemž Megachilinae dělíme na 4 triby, kterými jsou vlnařky (Anthidiini), ostnoštítky (Dioxyini), zednice (Osmiini) a čalounice (Megachilini) (Macek et al. 2010; Gonzalez et al. 2012). Jedná se o samotářské včely břichosběrné, které mají pylosběrný aparát na spodní straně zadečku. Břichosběrné samotářské včely musí na sběr pylu vynaložit mnohem více energie, jelikož na břišních kartáčích ulpívá mnohem méně pylových zrn. Z tohoto důvodu mají mnohem vyšší frekvenci návštěv a zvládnou navštívit o mnoho více květů než včely nohosběrné (Raina et al. 2023). Druhy této čeďi jsou primárně samotářské. V některých případech je pozorováno hnízdění v agregacích, v rámci kterých samice tvoří hnízda v těsné blízkosti hnízd ostatních samic. V ojedinělých případech dochází ke komunálnímu hnízdění v podobě společného vchodu k plodovým komůrkám nepřibuzných samic (Eickwort 1975). Samci vlnařek (Anthidiini) jsou značně agresivní. Aktivně hájí svá teritoria proti jiným samcům. V případě, že se cizí samec nebo jiný hmyz přiblíží k jejich teritoriu, dochází k souboji, při kterém využívají trny vyskytující se po stranách metasoma. Po setmění se však tato agrese utiňuje a samci nocují ve skupinkách v různých norách. Někteří samci preferují nocování o samotě pevně zakousnutí ve stoncích rostlin (Batra 1978).

Čeď včelovití (Apidae) zahrnuje velmi rozmanité druhy včel s velikostí těla od 3 do 30 mm. Jedná se o kosmopolitně rozšířenou čeď, v rámci které bylo doposud popsáno přes 5000 druhů včel. Čeď je dělena na podčeď drvodělky (Xylocopinae), nomády (Nominidae) a včely (Apinae), jejichž zástupci se vyskytují také na území České republiky (Cardinal et al. 2010; Macek et al. 2010). Některé druhy drvodělek (*Cylocopa*) vykazují eusociální chování. Jedná se však o tropické druhy, které se u nás nevyskytují. Česká republika zahrnuje čistě samotářské druhy těchto včel (Sless & Rehan 2023). Drvodělky získávají pyl pomocí silných vibrací (sonikace), které vytváří pomocí rychlého stahování hrudních svalů. Pyl poté přenáší společně s nektarem ve svém voleti (Jankauski et al. 2022). Jedná se o naše největší včely, které mohou dosahovat velikosti až 3 cm. Drvodělky (*Xylocopa*) mají mimořádně velká vajíčka (až 17 mm), která ukládají na pečlivě zpracované pylové bochníky různých tvarů, které jsou specifické špičatými výběžky. Hlavním účelem je ochrana před různými

patogeny. Tím se velmi liší od ostatních druhů samotářských včel, jejichž bochníky mají kulatý tvar nebo částečně tekutou strukturu (Iwata 1964; Bogusch 2019; Westrich 2019). Nomády (Nomadinae) jsou výhradně hnízdními parazity, kteří se zaměřují na příbuzné i nepříbuzné druhy včel, přičemž jsou ale úzce specializováni na konkrétní druhy nebo okruhy samotářských včel (Sless et al. 2022). Samice vyhledávají hnízda s plodovými komůrkami, do kterých kladou svá vajíčka. Vylíhnuté larvy kukaččí včely poté odstraní larvu nebo vajíčko potomka původní včely a sní připravenou pylovou zásobu (Rozen 2003). Do poslední podčeledi včel (Apinae) je řazeno několik tribů, kterými jsou stepnice (Eucerini), pelonosky (Anthophorini), čmeláci (Bombini) a včely (Apini) (Straka & Bogusch 2007). Jedná se o druhy včel, které vykazují samotářské, komunální, primitivně i vysoce eusociální chování (Rodriguez-Serrano et al. 2012). Vysoce eusociální chování se týká tribu vlastních včel (Apini), do kterého ředíme rod *Apis*, který je u nás zastoupen pouze včelou medonosnou (*Apis mellifera*), která ale nebyla předmětem této práce. Včely patřící do této čeledi mají vyvinut pravý sběrací košíček (korbikulu), který neslouží pouze ke sběru pylu, ale také k přenosu různých stavebních materiálů a substrátů, které jsou potřebné ke stavbě hnízdních prostor (Michener 1944). Specifickou charakteristikou samotářských včel pelonosek (Anthophorini), je schopnost aktivně pracovat i za chladnějších ranních a večerních hodin. Důvodem je svalový třes, který udržuje tělesnou teplotu až na 40 °C. Jedná se tedy o velmi aktivní včely, oproti některým jiným druhům, které tuto schopnost postrádají (Stone 1993).

3.3 Nároky samotářských včel na prostředí

Samotářské včely jsou závislé především na dvou primárních zdrojích, kterými jsou vhodná stanoviště k hnízdění a dostatek potravních zdrojů v okolí jejich hnízdišť, jak pro jejich přežití, tak pro přežití následujících generací (Williams & Kremen 2007).

3.3.1 Hnízdní nároky samotářských včel

Vhodná stanoviště k hnízdění jsou klíčovým faktorem k úspěšné reprodukci a přežití včel. Po spáření hledají samice vhodná místa nebo materiály, ve kterých zakládají svá hnízda. Druhy samotářských včel, jak již bylo řečeno v první kapitole, mohou hnízdit samotářsky, v hnízdních agregacích, komunálně ale i eusociálně v různých obměnách. Většina druhů včel v České republice hnízdí samotářsky. Každá samice zakládá hnízdo, o které se následně sama stará i v případě, že hnízdí komunálně nebo v početné hnízdní agregaci, většinou z důvodů ochrany před hnízdními parazity. Primitivně eusociální jsou primárně včely z čeledi ploškočelkovití (Halictidae) a včelovití (Apidae) (Michener 2000; Macek et al. 2010; Rubenstein & Abbot 2017).

Samotářské včely představují rozmanitou škálu hnízdních strategií. S tím jsou spojené různé nároky na prostředí v podobě výběru vhodného typu stanoviště, typu substrátu, ve kterém hnízdí a také materiálů, které jsou nezbytné pro stavbu hnízda (O'Toole & Raw 2004).

Na základě hnízdních zvyklostí jsou samotářské včely děleny na včely hnízdící nad zemí a v zemi (O'Toole & Raw 2004). Dle studií se na hnízdění v zemi zaměřuje až 80 % samotářských včel (Cane & Neff 2011; Harmon-Threatt 2020). Vyskytují se především na otevřených stanovištích, kde samice vyhrabávají různě hluboké často rozvětvené chodby pomocí svých kusadel nebo předních nohou, přičemž přebytečnou půdu vytlačují díky břišním pohybům s pomocí zadních nohou. Plodové komůrky jsou na vnitřních stěnách potírány sekrety Dufouroy žlázy, které zajistí zpevnění komůrky, rozumnou vlhkost, aby nedošlo k vyschnutí nektaru a zároveň zabraňují vniknutí různých patogenů, které by mohly ohrozit plod (Cane 1981). Naproti tomu je zde mnoho samotářských včel zaměřujících se na hnízdění nad zemí. Vyhledávají převážně již vzniklé dutiny, spáry, skalní praskliny nebo různé lodyhy, proutky a další materiály, ve kterých si svá hnízda vykusují svými kusadly (O'Toole & Raw 2004).

Tab. 3 Přehled čeledí a podčeledí samotářských včel společně s jejich hnízdními návyky.

Čeď	Podčeď ČR	Způsoby hnízdění
Hedvábnicovití (Colletidae)	Hedvábnice (Colletinae)	Převážně v zemi, rovný až mírně svažité podklad bez vegetace, některé vyhrabávají kusadly hnízda v pískovcích nebo rozpadajícím se zdivu
	Maskonosky (Hylaeninae)	Vyhledávají přirozené dutiny v zemi nebo ve skalách, případně vykusují mrtvé dřevo, duté lodyhy, větve, hálky, omítky a okenní rámy
Pískorypkovití (Andrenidae)	Pískorypky (Andreninae)	Hnízda vyhrabávají v písčítých a hlinitých půdách, které jsou holé maximálně řídké porostlé vegetací.
	Pískohrabky (Panurginae)	
Ploskočelkovití (Halictidae)	Ploskočelky (Halictinae)	Hnízdí v písčítých a hlinitých substrátech, holých nebo řídké porostlých vegetací. Některé ploskočelky (lasioglossum) zvládají i hustě porostlé podklady vegetací.
	Trnočelky (Rophitinae)	
	Nicotěnky (Nomiodinae)	
	Šupiněnky (Nomiinae)	
Pilorožkovití (Melittidae)	Chluponožky (Dasypodainae)	Sypká převážně písčítá půda nebo spáry cest vyplněné pískem.
	Olejnice (Macropidinae)	Časté hnízdění v mokřadech, různé zemní substráty, které jsou hustě porostlé vegetací nebo mechem
	Pilorožky (Melittidae)	V rovné až mírně svažité písčité nebo hlinité půdě
Čalounicovití (Megachilidae)	Čalounice (Megachilinae) Triby: vlnářky (Anthidiini), ostnoštitky (Dioxyini), zednice (Osmiini), čalounice (Megachilini)	Převážně nad zemí vyhledávají staré dřevo, lodyhy, rozpraskanou omítku, kameny, ulity, Někdy také již vzniklé dutiny nebo hnízda lepí volně na kameny, zdivo a listy
	Drvnice (Lithurginae)	
Včelovití (Apidae)	Drvodělky (Xylocopinae)	Vyhledávají suché trouchnivé dřevo, hálky, lodyhy.
	Nomády (Nomadinae)	Vyhledávají hnízda cizích samic, do kterých kladou svá vajíčka
	Včely (Apinae)	Písčité hlinité i jílovité podklady v zemi, rozrušené zdivo, spáry, již vzniklé dutiny

Na hnízdění v zemi se zaměřuje většina samotářských včel z čeledi pískorypkovití (Andrenidae), pilorožkovití (Melittidae), ploskočelkovití (Halictidae), hedvábnicovití (Colletidae), včelovití (Apidae) a ojediněle také čalounicovití (Megachilidae) (O'Toole & Raw 2004). Hnízdění nad zemí preferují primárně samotářské včely z čeledi Čalounicovití (Megachilidae) a některé druhy z čeledi hedvábnicovití (Colletidae) a včelovití (Apidae).

Čeľad' hedvábnicovití (Colletidae) zahrnuje samotářské včely, které se zaměřují na hnízdění v zemi i pod zemí. Hedvábnice (*Colletes*) svá hnízda zakládají v rovných nebo mírně se svažujících zemních substrátech nejlépe bez vegetace. Příkladem může být hedvábnice podobná (*Colletes similis*), která se vyskytuje na stepích, loukách, v zahradách a svá hnízda buduje primárně na holých ploškách, které mohou být tvořeny rozmanitým hlinitým až písčitém nezpevněným substrátem (Almeida 2008; Macek et al. 2010). Některé samice rodu *Colletes* tvoří hnízda pomocí kusadel v pískovci nebo rozrušených spárách zdív, ale také v dřevnatých lodyhách. Příkladem může být hedvábnice řebříčková (*Colletes daviesanus*), která vyhledává svislé pískovcové nebo hlinité podklady a často také rozrušenou zední omítku domů (Almeida 2008; Hinsch et al. 2024) Maskonosky (*Hylaeus*) vyhledávají různé praskliny ve zdech, skalách, v zemi, ale také v již vzniklých opuštěných dutinách jiného hmyzu. Některé druhy se zaměřují na dřeň větví nebo suché duté lodyhy. Příkladem je maskonoska obecná (*Hylaeus communis*), která zakládá hnízda v nejrůznějších materiálech jako je mrtvé dřevo, lodyhy, větve, hálky, omítky a okenní rámy (Macek et al. 2010; Martins et al. 2017).

Čeľad' pískorypkovití (Andrenidae) zahrnuje samotářské včely, které hnízdí primárně v zemi. Pískorypky (*Andrena*) svá hnízda vyhrabávají v hlinito-písčitéch substrátech nejlépe bez vegetace. Příkladem může být pískorypka zahradní (*Andrena dorsata*), která svá zemní hnízda tvoří v hlinitých až písčitéch půdách pokrytých nanejvýš řídkou vegetací. Často se vyskytuje v zahradách městských oblastí. Samci se na stavbě hnízd nepodílejí, ale někteří z čeledi Andrenidae mohou vytvářet mělké nory nebo vyhledávají již vzniklé dutiny, ve kterých přechkávají noc podobně jako samci z ostatních čeledí (Macek et al. 2010; Westrich 2019). Pískohrabky (Panurginae) hnízdí podobným způsobem jako samotářské včely rodu pískorypka (*Andrena*), ale zaměřují se více na písčité, řídké porostlé plochy (Miliczki 1991)

Čeľad' ploskočelkovití (Halictidae) zahrnuje samotářské včely, které hnízdí primárně v zemi. Samotářské včely rodu Ploskočelka (*Halictus*) vyhledávají holé nebo vegetací mírně zarostlé hlinito-písčité půdy. Některé druhy jako například ploskočelka rudonohá (*Halictus rubicundus*) preferují holou půdu pokrytou kamínky a štěrkem. Samotářské včely rodu *Lasioglossum* hnízdí podobně jako ploskočelky rodu *Halictus*, přičemž některé snesou i podklady hustě porostlé vegetací. Podčeleď trnočelky

(Rophitinae), šupiněnky (Nomiinae) a nicotěnky (Nomioioidinae) vyhledávají převážně písčité podklady s minimem vegetace (Macek et al. 2010; Cane 2015).

Čeľad' pilorožkovití (Melittidae) zahrnuje samotářské včely, které hnízdí na řídce zarostlých nebo obnažených písčitých a hlinitých podkladech. Chluponožky (*Dasypoda*) vyhledávají primárně písčité sypké podklady často v různých pískovnách, náspech a cestách, které mají spáry zasypané pískem. Olejnice (*Macropis*) hnízdí v různých podmáčených biotopech hustě zarostlých vegetací nebo mechem. Komůrky potírají olejem, který zajišťuje ochranu proti vlhkosti. Pilorožky (*Melitta*) zakládají svá hnízda v zemi tvořené hlinitým až písčitým substrátem. Pilorožka vojtešková (*Melitta leporina*) staví svá hnízda na holých ploškách často v blízkosti travních trsů (Celary 2001; Macek et al. 2010).

Čeľad' čalounicovití (Megachilidae) zahrnuje samotářské včely, které hnízdí v zemi i nad zemí. Vyhledávají různé opuštěné zemní dutiny nebo si svá hnízda tvoří v dřevní hmotě, v lodyhách nebo proutkách. Některé druhy hnízdí v ulitách hlemýžďů nebo svá hnízda lepí na různé materiály jako kameny, rostliny, listy nebo zdi (Cane et al. 2007; Michener 2007). Drvnice (Lithurginae) hnízdí primárně v mrtvé dřevní hmotě (Rozen 2013). Vlnařky (Anthidiini) zahrnují samotářské včely rodu *Anthidium*, *Pseudoanthidium*, *Rhodanthidium*, *Trachusa*, *Paranthidium*, *Icteranthidium* a *Anthidiellum* (Litman et al. 2016). Jedná se o samotářské včely, které hnízdí v nejrůznějších nadzemních i podzemních substrátech. Zajímavostí je, že první tři rody náleží vlnařkám, které ke zhotovení plodových komůrek využívají rostlinné chloupky (Smith 1991). Zemní dutiny, praskliny ve zdech a stonky rostlin obývá vlnařka skalní (*Anthidium oblongatum*), která z rostlinných chloupků divizny nebo čistce vytváří vlnitou hmotu, pomocí které vystýlá své plodové komůrky (Smith 1991; Gonzalez & Griswold 2013). Další 4 rody zahrnují smolanky, které své plodové komůrky budují z pryskyřice různých jehličnanů, převážně borovic. Příkladem je smolanka skvrnitá (*Anthidiellum strigatum*), která tvoří své plodové komůrky z pryskyřice borovic, které maskuje kůrou a lepí je buď jednotlivě nebo ve větších skupinkách na kameny, stébla rostlin, nebo kmeny starých stromů (Chui et al. 2022). Zednice (Osmiini) zakládají svá hnízda v lodyhách, mrtvé dřevní hmotě, v opuštěných dutinách nebo ulitách hlemýžďů. Příkladem je zednice modravá (*Osmia caerulescens*), která staví hnízda ve starém dřevě, stoncích rostlin a také v rozpadající se omítce domů (Cane et al. 2007).

Zednice jetelová (*Hoplitis leucomelana*) hnízdí v suchých lodyhách, typicky v maliníku, černém bezu, divizně, pelyňku, lísce nebo také v rákosinách, ve kterých sama vykousává až 28 cm dlouhé chodby. Plodové komůrky odděluje z listů, které předem rozžvýká (Macek et al. 2010; Bogusch et al. 2020). Čalounice patřící do posledního tribu Megachilini hnízdí v mrtvém dřevě, lodyhách, proutkách a někdy také v opuštěných zemních dutinách. Čalounice (*Megachile*) jsou typické tím, že si kusadly vyřezávají kulaté listové plochy, ze kterých staví své plodové komůrky. Příkladem tohoto typu hnízdění je čalounice huňatá (*Megachile circumcincta*), která kusadly vyřezává listové plochy bříz, líp, habrů nebo akátů a následně z nich staví plodové komůrky (Westrich 2019). Čalounice vojtěšková (*Megachile rotundata*) zakládá hnízda v suchých stoncích rostlin, v mrtvém dřevě nebo také ve stěnách z jílu a hlíny. Velice specifické je také hnízdění v ulitách hlemýžďů, které bylo pozorováno pouze u čeledi čalounicovití (Megachilidae) v rámci tribů vlnařek (Anthidini) a zednic (Osmiini) (Hostinská et al. 2021).

Čeď včelovití (Apidae) zahrnuje samotářské včely, které se specializují na hnízdění v zemi i nad zemí. Drvodělky (xylocopinae) s rody drvodělka (*Xylocopa*) a kyjorožka (*Ceratina*) preferují hnízdění ve ztrouchnivělém dřevě, hálkách a suchých lodyhách, ve kterých hnízdí až 30 cm hluboko (Westrich 2019). Příkladem je drvodělka fialová (*Xylocopa violacea*), která hnízdí primárně na okrajích světlých lesů nebo v městských oblastech, kde vyhledává mrtvé dřevo (Vicidomini 1998). Stepnice (Eucerini) hnízdí primárně v rovných nebo mírně svažitéch písčítých a hlinitých půdách (Westrich 2019). Samotářské včely patřící do tribu pelonosky (Anthophorini) hnízdí v nejrozmanitějších substrátech v zemi i nad zemí. Hnízda si vyhrabávají v zemi nebo v rozpraskaném zdivu, ojediněle hnízdí také v suchých stoncích rostlin nebo mrtvé dřevní hmotě. Některé druhy vytváří nástražnou komůrku s trochou nektaru a pylu aby odlákaly hnízdní parazity (Rasmont 2014). Příkladem je pelonoska liščí (*Anthophora quadrimaculata*), která se v České republice vyskytuje pouze ojediněle, přičemž ubývá, a proto je na červeném seznamu vedena jako ohrožený druh. Hnízdí obvykle na slunných a teplých stanovištích v hlihlinito-písčité půdě někdy mírně svažité. Vstupní otvor je často lemován kamínky a různými materiály, které ho stabilizují. Pelonoska jarní (*Anthophora aestivalis*) hnízdí v rozmanitých materiálech jako jsou hlinité stěny zdi, skály a náspy. Sekundárně může hnízdit ve vysutých schodištích, základech domů a chalup (Macek et al. 2010; Rasmont 2014; Westrich 2019).

3.3.2 Potravní nároky samotářských včel

Samotářské včely jsou v rámci celého svého životního cyklu závislé na kvetoucích rostlinách. Primárním zdrojem potravy je pyl, který zajišťuje přísun bílkovin a lipidů a také nektar, který poskytuje sacharidy. Některé druhy samotářských včel využívají jako zdroj potravy také rostlinné oleje z mnoha druhů rostlin. Pyl je sbírán především samicemi včel, které ho využívají jako krmivo pro sebe i pro své potomky (Michez et al. 2019).

Ke sběru těchto zdrojů mají samotářské včely specificky upravené lízavě-kousací ústní ústrojí, které je tvořeno sosákem a různě silnými kusadly. Kusadla jsou velice důležitá nejen pro zpracování zdrojů potravy, ale také pro tvorbu hnízdních prostor společně s péčí o potomstvo. Důležitou součástí sosáku je jazyček (glossa), který slouží k sání nektaru, ale také k roztírání různých směsí společně se sekrety Dufourových žláz.

Samotářské včely se liší délkou sosáku na včely krátkoústé s krátkým sosákem a dlouhoústé s dlouhým sosákem (Macek et al. 2010). Dlouhoústé včely mají ústní ústrojí upraveno na odběr nektaru z rostlin, které mají hluboké koruny a krátkoústé zase z rostlin s mělkými korunami. Existuje ale mnoho případů, kdy se včely s dlouhým sosákem zaměřují spíše na rostliny s mělkou korunou a včely s krátkým sosákem vyhledávají květy s nektarem uloženým hlouběji. Obecně platí, že naprostá většina druhů samotářských včel nevykazuje specializaci na nektar z konkrétních druhů rostlin a jedná se primárně o generalisty (Michez et al. 2019).

Samotářské včely mají dost výraznou specializaci na sběr pylu z různých druhů rostlin. Polylektické druhy samotářských včel využívají všechny druhy kvetoucích rostlin, které mají v dané chvíli ve svém dosahu. Z tohoto důvodu se poměrně dobře přizpůsobují různým stanovištím (Westrich 2019). Oligolektické druhy včel se zaměřují na sběr pylu z několika druhů rostlin, které jsou si příbuzné. Jsou ale poměrně přizpůsobivé a v případech, kdy tyto konkrétní druhy rostlin odkvetou nebo se v dané oblasti nevyskytují zvolí jiné druhy rostlin, které jsou zrovna dostupné (Michener 2007). Poslední skupina zahrnuje monolektické samotářské včely, které mají úzkou specializaci na jeden konkrétní druh rostliny. Druhy samotářských včel, které by vykazovaly tuto úzce zaměřenou specializaci jsou zastoupeny pouze ojediněle a dle

některých studií by měla být definice monolektie upravena ze specializace samotářských včel na jeden druh spíše na specializaci na jeden rod (Cane 2021).

Rozmanitost potravních návyků není zdaleka zcela prozkoumána, a proto je nutné brát dělení do těchto 3 skupin s nadhledem (Cane & Sipes 2006). (Michener 2007) ve své knize předkládá, že se v rámci všech druhů včel jedná o kontinuitu od extrémních monolektických druhů včel, které jsou mimořádně vzácné až po extrémní polylektické generalisty, přičemž odhaduje, že minimálně polovina všech popsáných druhů samotářských včel vykazuje určité preference ve výběru konkrétních druhů rostlin.

V České republice se vyskytují druhy samotářských včel, které vykazují všechny typy těchto specializací (Macek et al. 2010).

Tab. 4 Přehled čeledí a podčeledí společně s jejich potravní specializací.

Čeď	Podčeď ČR	Specializace
Hedvábnicovití (Colletidae)	Hedvábnice (Colletinae) Maskonosky (Hylaeninae)	Oligolektické polylektické i monolektické
Pískorypkovití (Andrenidae)	Pískorypky (Andreninae) Pískohrabky (Panurginae)	Oligolektické i polylektické
Ploskočelkovití (Halictidae)	Ploskočelky (Halictinae) Trnočelky (Rophitinae) Nicotěnky (Nomiodinae) Šupiněnky (Nominae)	Oligolektické i polylektické
Pilorožkovití (Melittidae)	Chluponožky (Dasypodinae) Olejnice (Macropidinae) Pilorožky (Melittidae)	Oligolektické i monolektické
Čalounicovití (Megachilidae)	Čalounice (Megachilinae) Drvnice (Lithurginae)	Polylektické i oligolektické
Včelovití (Apidae)	Drvodělky (Xylocopinae) Nomády (Nomadinae) Včely (Apinae)	Polylektické i oligolektické

3.4 Výskyt samotářských včel v městských oblastech

Diverzita i četnost samotářských včel se za poslední desetiletí výrazně snížila (Zattara & Aizen 2021). Tento úbytek je způsoben kombinací mnoha faktorů, kterými jsou fragmentace, přeměna a ztráta přirozených stanovišť (Brown & Paxton 2009). V první řadě jsou tyto ztráty přisuzovány intenzivnímu hospodaření v okolní krajině. Přeměna a homogenizace přírodních ekosystémů do monokulturních ploch způsobuje nedostatek potravy, který vede k nutričnímu stresu samotářských včel. Nedostatkem potravy je ovlivněna také reprodukční výkonnost, což vede k poklesu diverzity i četnosti včel (Goulson et al. 2015). Kromě potravy dochází také k úbytku vhodných ploch a materiálů, které jsou nezbytné k úspěšnému hnízdění. Nadměrné využívání pesticidů vede k degradaci a hromadění škodlivých látek v půdě, což ohrožuje vývoj a přežití larev i dospělců samotářských včel (Mokkapatil et al. 2021). Pesticidy narušují výkonnost při hledání potravy, kognitivní funkce i imunitní systém, což způsobuje zvýšenou náchylnost vůči patogenům a snížení obecné odolnosti samotářských včel (Sandrock et al. 2014).

Výrazné změny v krajině způsobuje také růst městských oblastí, ale v porovnání s okolní krajinou (Cloutier et al. 2024) a s ohledem na dosavadní studie, se stále více ukazuje, že mají městské oblasti potenciál v poskytování náhradních stanovišť samotářským včelám, které jsou z okolní krajiny vytlačovány (Sirohi et al. 2015; Dylewski et al. 2019; Brancher et al. 2023). Dle dosavadních studií se společenstva samotářských včel vyskytují v městských oblastech celého světa. Některé výzkumy ukázaly, že městské oblasti mohou podporovat mnoho druhů samotářských včel (Fortel et al. 2014; Hall et al. 2017; Banaszak-Cibicka et al. 2018; Baldock et al. 2019), Někteří autoři považují městské oblasti dokonce za hotspoty výskytu samotářských včel (Theodorou et al. 2020). Jiné studie došly k závěru, že městské oblasti mají na diverzitu a četnost samotářských včel spíše negativní vliv (Cardoso & Gonçalves 2018; Villalta et al. 2022). Mezi městskými oblastmi existují poměrně značné kvalitativní rozdíly. Tyto rozdíly jsou způsobeny rozmanitostí jednotlivých měst v lokálním i krajinném měřítku. Některé městské části nabízí vysoké množství polopřirozených stanovišť s vhodným managementem a dostatkem hnízdních a potravních zdrojů. Jiné části městských oblastí mohou být na potravní a hnízdní zdroje poměrně chudé,

přičemž se předpokládá, že záleží také na míře gradientu zastavěných ploch (Bates et al. 2011)

3.4.1 Biotopy městské přírody

Biotopy městské přírody jsou nedílnou součástí městských oblastí, které poskytují útočiště mnoha druhům samotářských včel. Jedná se o městskou zeleň, komunitní zahrady, parky, zelené střechy, ruderalní plochy, hřbitovy, komunitní a soukromé zahrady, ale i domy, ploty, parkoviště, spáry mezi cestami a další člověkem vytvořené prvky. Tyto plochy mohou poskytovat značné množství potravních i hnízdních zdrojů (Westrich 2019).

I přesto se tato stanoviště poměrně značně liší od biotopů, na které jsou některé druhy vázané. Městské plochy působí mnohdy jako ekologický filtr. Druhy, které se vyskytují v městských oblastech mohou vykazovat určité funkční rysy, díky kterým mohou být přizpůsobeny lépe městskému prostředí. Jedná se o druhy, které nejsou vázané na konkrétní typ stanoviště a současně jsou schopni se přizpůsobit většímu množství dostupných zdrojů potravy (Banaszak-Cibicka & Żmihorski 2012; Deguines et al. 2016). Existuje ale mnoho specialistů, kteří jsou vázáni na vřesoviště, skalnaté svahy, duny, vápencové trávníky, rákosové porosty nebo lesy, ale také na konkrétní druhy rostlin. Často se jedná o druhy, s velmi specifickými ekologickými nároky, které se městům dokážou přizpůsobit jen velmi těžce, a to především v hustě osídlených centrech (Deguines et al. 2016; Ayers et al. 2021). Úbytek specializovaných druhů včel může úzce souviset s nízkou dostupností živných rostlin (Wenzel et al. 2020). Některé městské oblasti však mohou hostit i vzácné polylektické nebo monolektické druhy s vazbou na konkrétní biotop, jelikož nabídka rozmanitých stanovišť s původními druhy rostlin, v některých městech je nebo může být vysoká. Záleží tedy na mnoha faktorech, které se v lokálním i krajinném měřítku městských oblastí velmi liší. (Da Rocha-Filho et al. 2018).

3.5 Městské oblasti a jejich vliv na samotářské včely

Samotářské včely jsou v městských oblastech ovlivňovány různými faktory, které utváří specifická prostředí v krajinném i lokálním měřítku. Tato prostředí mohou mít jak pozitivní, tak negativní vliv, a to v závislosti na kvalitě uspořádání městského gradientu a jednotlivých lokálních proměnných uvnitř měst (Brancher et al. 2023).

3.5.1 Vliv gradientu měst na samotářské včely

Gradient urbanizace je v krajinném měřítku jedním z faktorů, který může mít významný vliv na výskyt samotářských včel v městských oblastech (Geslin et al. 2016). Městské oblasti jsou typické zastoupením rozsáhlých nepropustných povrchů v podobě domů, silnic, chodníků a parkovišť doplněných o biotopy městské přírody, které jsou zastoupeny v různé míře parky, zahradami a dalšími prvky městské zeleně. Některá města mají typicky stoupající gradient urbanizace od okraje směrem k centru, jiná mají vysoké množství různorodých ploch, které jsou rozptýleny v rámci celého města (Cane 2001; Werner 2011). Několik studií se zabývalo vlivem rostoucí míry nepropustných povrchů, a i přes rozdílné klasifikační metody dospělo mnoho z nich k závěru, že celková diverzita samotářských včel s rostoucím zastoupením nepropustného povrchu klesá (Fortel et al. 2014; Birdshire et al. 2020; Brancher et al. 2023), přičemž samotářské včely, které hnízdí nad zemí mohou být ovlivněny o něco méně než včely, které hnízdí primárně v zemi. (Banaszak-Cibicka & Żmihorski 2012; Wilson & Jamieson 2019). V případě městských oblastí s výraznou fragmentací a hustou zástavbou dochází k izolaci přírodních stanovišť, což může ovlivňovat pohyb i chování včel. Dle některých studií jsou urbanizací více ovlivněny primárně menší včely, které shání potravu pouze na kratší vzdálenosti, přičemž drobné městské fragmenty nemusí nabízet dostatek potravních zdrojů v lokálním měřítku (Cane et al. 2006; Greenleaf et al. 2007). Jiné výzkumy předpokládají, že menší včely mohou být urbanizací ovlivněny pozitivně, jelikož mají mnohem menší nároky, oproti větším včelám, které na shánění potravy spotřebují mnohem více energie (Wray et al. 2014). Tyto výsledky však nelze brát za plošně aplikovatelné, jelikož vzdálenost mezi hnízdem a zdrojovou plochou, kterou je daný jedinec schopen uletět, se liší v rozmezí 100 až 1400 m. Malé druhy včel se od svých hnízd vzdalují v některých případech jen 100 m v jiných 200 až 300 m, ale některé druhy 1100 m a více (Zurbuchen et al. 2010).

Záleží tedy na specifických vlastnostech samotářských včel, a jejich nárocích na prostředí, které se v rámci jednotlivých druhů velmi liší (Wray et al. 2014). Dle studie provedené v Brazílii došli k závěru, že rostoucí míra nepropustných ploch vede k poklesu diverzity včel, ale současně v případě vyšší heterogenity a provázanosti městských oblastí dochází k růstu diverzity i četnosti. Záleží tedy na mnoha lokálních faktorech (Brancher et al. 2023).

3.5.2 Vliv lokálních proměnných měst na výskyt samotářských včel

Diverzita a četnost samotářských včel je v rámci městských oblastí ovlivněna množstvím různých typů biotopů, a především jejich kvalitou, která je dána řadou místních proměnných. Výskyt samotářských včel v městských oblastech do jisté míry závisí na dostupnosti hnízdních stanovišť, které se s ohledem na hnízdní zvyklosti jednotlivých druhů liší. Dle dosavadních studií si samotářské včely hnízdící v zemi vybírají hnízdní stanoviště podle textury půdy, množství odkrytých ploch, zhutnění půdy, vlhkosti, typu vegetace, prostorovému umístění, ale také podle množství zemních dutin nebo prasklin v umělých materiálech, viz kapitola 3.2.1. Městské plochy jsou poměrně často modifikované takovým způsobem, který se neslučuje s požadavky na hnízdění v zemi, a proto se může jednat o poměrně limitující faktor (O'Toole & Raw 2004).

Včely, které hnízdí nad zemí jsou zase závislé na dostatečném množství různých nadzemních materiálů v podobě dutých stonků rostlin, suchých prutů, mrtvého dřeva, ulit hlemýžďů, prasklin ve zdích a v cihlách, opuštěných nor. V případě, že si včela kusadly hnízdo netvoří sama, záleží na průměru otvorů a délce materiálů. Mimo to jsou důležité také materiály, které jsou zásadní pro tvorbu plodových komůrek, tedy různé listy, rostlinné chloupky rostlin, pryskyřice, hlinité, jílovité a další materiály, které si včely upravují dle své potřeby, viz kapitola 3.2.1 (O'Toole & Raw 2004).

1. Textura půdy

Navzdory tomu, že je půda v některých oblastech vnímána jako neomezený zdroj, volba umístění hnízda může záviset na specifických vlastnostech půdy, které se mohou v jednotlivých městských oblastech velmi lišit (Yang & Zhang 2015). Jedním z předpokladů k úspěšnému zahníždění včel v zemi je textura půdy, která závisí na velikosti a množství jednotlivých částic, tedy organické hmotě, písku, prachu a jílu. Na základě výzkumů se preference v typech půdy mezi druhy napříč všemi čeleděmi výrazně liší (Cane 1991; Graham et al. 2015; Lybrand et al. 2020). Dle výsledků studie provedené ve Spojených státech svá hnízda pozorované druhy (32) samotářských včel z čeledí Halictidae, Colletidae, Mellitidae, Andrenidae, Megachilidae a některé Anthophorini z čeledi Apidae budovaly v půdách, které obsahovaly 33 až 94 % písku. Jílovité půdy byly zastoupeny výrazně méně a tvořily maximálně polovinu suché hmotnosti půdy, přičemž jíly měly tendenci využívat včely s většími tělesnými rozměry. Obecně se však samotářské včely dělily na 2 skupiny, z nichž první hnízdila v půdách s hrubšími frakcemi tvořenými převážně písky a písčítými hlínami bez zastoupení jílu a druhá mnohem menší skupina v jemnějších frakcích tvořených také převážně písky, ale s určitým podílem jílu (Cane 1991). Jiné výzkumy došly k podobným závěrům, které naznačují, že přítomnost písku je pro mnoho druhů včel zásadním předpokladem k úspěšnému hníždění a mnoho z nich je na písek přímo vázaná. Důležitý je ale také jíl, který využívají např samotářské včely rodu pelonoska (Anthophora) z čeledi včelovití (Apidae) nebo Čalounice (megachile) z čeledi čalounicovití) a několik dalších (Westrich 2019). I přesto, že pravděpodobně převažují druhy preferující písčité půdy, je primární dostatečná půdní heterogenita, která pokryje velké množství druhově specifických hnízdních zvyků (Michener 2007).

2. Tvrdost půd

Roli může hrát také tvrdost půd, která je v městských oblastech velmi proměnlivá (Edmondson et al. 2011). Dle studií hloubení hnízd zahrnuje různé náklady, které se liší v závislosti na tvrdosti půdy. Včely by tedy pravděpodobně mohly preferovat měkčí substráty, které jim seberou co nejméně energie a času. Některé studie zaznamenaly hníždění včel v půdách s tvrdostí od 0,6 do 5,5 kgf cm⁻², jiné od 4.1 do 8.6 kgf cm⁻² (maximum 87,61 kPa), přičemž se snižující se tvrdostí půdy početnost hnízd rostla (Potts & Willmer 1997; Sardiñas et al. 2016). Většina výzkumů došla

k závěru, že samotářské včely preferují přechod mezi měkkými až středně tvrdými půdami (ve výše popsaném rozsahu), pravděpodobně proto, že stavba hnízd v nadměrně prašných nezhutněných substrátech může být oproti tvrdším půdám složitější a stejně tak může být složitá tvorba hnízd v nadměrně tvrdých půdách (Wuellner 1999; Polidori et al. 2010). U některých druhů, které hnízdí v hnízdních agregacích, by mohla být hnízda z přílišně měkkých substrátů náchylná k hroucení. Současně jsou hnízda v měkkých substrátech více přístupná půdním parazitům. Preference tvrdosti půd se ale stejně jako preference v texturách půdy u jednotlivých druhů liší, jelikož některé druhy vykusují hnízda v pískovcích, a to i přes náročnost a opotřebení kusadel (Potts & Willmer 1997; Orr et al. 2016). Městské plochy zeleně, parků a zahrad mají poměrně nízkou tvrdost půdy (pod 50 kPa), především oproti okolním zemědělským půdám. Tvrdost půd by tedy neměla hrát významnou roli (Kim et al. 2006; Edmondson et al. 2011).

3. Plochy bez vegetace

Jednotlivé plochy městských oblastí se mohou lišit také hustotou vegetačního krytu, což může být důležitým předpokladem k založení hnízda mnoha druhů samotářských včel (Potts et al. 2005). Některé druhy samotářských včel mohou upřednostňovat holé maximálně řídké porostlé plochy vegetací. V Německu proběhl v roce 2019 výzkum, ve kterém byla porovnávána obsazenost ploch bez vegetace (stržený drn) oproti plochám porostlých vegetací. Během dvou měsíců bylo na plochách bez vegetace samotářskými včelami založeno 785 hnízd oproti kontrolním plochám s vegetací, na kterých bylo založeno pouze 61 hnízd. Nalezeno bylo 65 druhů patřících do 5 čeledí (Gardein et al. 2022). Obnažená půda je tedy také důležitým stanovištním faktorem, který může být v městských oblastech preferován mnoha druhy samotářských včel. Některé ploskočelky (*Halictus*), které jsou typickými městskými včelami preferují holé půdy s minimem vegetace, které jsou navíc pokryté kameny nebo šterkem. Takto upraveným plochám dávají přednost před čistě holými půdami (Cane 2015). Může se jednat o důležité vizuální znaky, které včely upozorňují na umístění hnízda (Brünnert et al. 1994). Dle studie kameny také absorbují sluneční záření, čímž ohřívají půdu, která vydrží celé odpoledne v hloubce 5 cm o 2 až 3 °C teplejší (Sakagami & Hayashida 1961). Biotopy městské přírody s travinnou vegetací jsou ale také velmi důležité. Dle studie založené na datech z projektu citizen science jsou některými druhy

preferovány plochy s travinnou vegetací před holými plochami. Pískorypka popelavá (*Andrena cineraria*) a Pískorypka ryšavá (*Andrena fulva*) preferovaly půdu porostlou vegetací, i přesto, že byla intenzivně obhospodařována sečením. Tyto druhy tak zvládají i silnější antropogenní rušení, které je v městských oblastech běžné (Maher et al. 2019).

4. Sklon

Některé městské plochy se liší svým sklonem, který může být také jedním z předpokladů výskytu samotářských včel. Svažité jižně orientované plochy se vyznačují teplejšími podmínkami, současně může docházet k lepšímu odtoku vody. Ve studii (Maher et al. 2019) se v rámci pozorovaných samotářských včel vyskytovaly druhy, které prokazatelně preferovaly hnízdění ve svažitém terénu např. Hedvábnice břečťanová (*Colletes hederæ*). Oproti tomu většina hnízdišť Pískorypky ryšavé (*Andrena fulva*) bylo nalezeno na rovné ploše, což se shoduje i s jinými studiemi, které prokázaly preferenci rovných podkladů u různých druhů pískorypek (*Andrena*) oproti plochám s určitým sklonem. S ohledem na to je primární především variabilita dostupných ploch (Youssef & Bohart 1968; Maher et al. 2019).

5. Zastínění

Samotářské včely si stanoviště v městských oblastech mohou volit také podle umístění dané plochy, která může být buď ve stínu nebo na přímém slunci (Potts & Willmer 1997). I přes některé termoregulační schopnosti včel jsou jejich funkce do určité míry závislé na slunečním záření a okolní teplotě. Teplota, která je u vchodu do hnízda ovlivňuje to, kdy samice bude schopna začít sbírat potravu. Teplota pod zemí pak ovlivňuje vývoj larev a líhnutí (Slater et al. 2005). Dle studie zvládnou být samice včel pelonosky hluchavkové (*Anthophora pulmipes*) aktivní až o 3 hodiny dříve, pokud se nachází v osluněném, teplejším mikrohabitatu oproti samicím stejného druhu v chladnějších mikrohabitacích (Stone 1994). Některé druhy samotářských včel získávají teplo skrze stavení věžiček, které se na slunci ohřívají rychleji než hnízda v rovné zemi (Norde 1984). V rámci výzkumu (Maher et al. 2019) se výběr stanoviště a jeho expozice slunečnímu záření poměrně lišila v závislosti na jednotlivých druzích. Některé samotářské včely preferovaly plně osluněná místa např. Hedvábnice břečťanová (*Colletes hederæ*), současně se ale preference lišila u jiných druhů, které

hnízdily i ve stínu pod stromy, které využívají jako své potravní zdroje. Nároky se tedy v rámci jednotlivých druhů podobně jako ve všem liší, i přesto mohou hrát osluněná teplá stanoviště v městských oblastech důležitou roli při zakládání hnízd (Everaars et al. 2011; Welti et al. 2022; Geppert et al. 2023). S ohledem na městské tepelné ostrovy mohou některé včely preferovat spíše stinná chladnější místa, záleží však na stínech, vegetativním krytu, odrazivosti plochy, množství nepropustných ploch a dalších faktorech, které ovlivňují teplotu uvnitř měst (Rhee et al. 2014). V případě nadměrných teplot, které v městských oblastech mohou diverzitu i četnost samotářských včel naopak snižovat (Hamblin et al. 2018), je důležité vysoké zastoupení dřevin, které mohou v létě snižovat teplotu půd městských oblastí až o 6 °C a v zimě teplotu naopak držet, což může mít také pozitivní vliv na přezimování a následný fyziologický stav samotářských včel (Edmondson et al. 2016; Ostwald et al. 2022; Stumpe et al. 2023).

6. Nadzemní hnízdní materiály

Samotářské včely hnízdící nad zemí jsou v městských oblastech do jisté míry ohroženy kácením starých stromů, vyřezáváním křovin a odstraňováním různých přírodních materiálů. Současně jim jsou tyto ztráty nahrazovány v podobě různých umělých prvků vytvořených lidmi, jako jsou ploty, okenní rámy a rozpraskané zdi, které jim mohou přírodní materiály do určité míry nahradit. Dle studií tedy mohou být samotářské včely hnízdící v městských oblastech nad zemí limitované o něco méně, než včely hnízdící pod zemí (Steffan-Dewenter & Leschke 2003; Cane et al. 2006).

7. Nabídka nektaru

Výskyt samotářských včel v městských oblastech a jejich reprodukční úspěch závisí vedle hnízdních zdrojů na dostupnosti a blízkosti kvetoucích druhů rostlin. Na základě výzkumů samotářské včely hnízdí přednostně v oblastech s vysokou hustotou květnatých zdrojů, přičemž s přírůstkem kvetoucích druhů rostlin roste také diverzita a četnost samotářských včel (Wilson & Jamieson 2019). Roli zde hraje také původ kvetoucích rostlin. Městské oblasti jsou poměrně bohaté na různé druhy nepůvodních rostlin (Pyšek 1998). Dle některých výzkumů tyto rostliny nemusí být nutně méně atraktivní pro různé druhy samotářských včel (Hinners & Hjelmroos-Koski 2009; Matteson & Langelotto 2011; Martins et al. 2017; Frankie et al. 2019), ale s ohledem

na specializované druhy včel je důležité podporovat původní druhy kvetoucích rostlin, na kterých jsou některé druhy včel závislé. V závislosti na druhovém složení květnatých zdrojů vyskytujících se v městských oblastech, u kterých převládají nepůvodní druhy rostlin může docházet k omezení městských včelích společenstev na polylektické druhy včel, které se zvládnou přizpůsobit ke sběru pylu a nektaru z různých druhů rostlin oproti oligolektickým a monolektickým druhům, které se městům z důvodu nedostatku původních a živných druhů rostlin vyhýbají (Williams et al. 2011). Potvrzuje to také výzkum (Brancher et al. 2023) provedený v Brazílii, ve kterém došli k závěru, že diverzita specializovaných druhů samotářských včel v městských oblastech roste s nárůstem podílu původních druhů kvetoucích rostlin, které pro tyto druhy včel mohou představovat živné rostliny. Důležitost původních druhů kvetoucích rostlin byla potvrzena také mnoha dalšími studiemi (Chrobock et al. 2013; Fukase & Simons 2016; Da Rocha-Filho et al. 2018; Wenzel et al. 2020). S ohledem na to diverzita a četnost samotářských včel do značné míry závisí na četnosti a druhovém složení rostlin, které jsou v městských oblastech vysazovány.

8. Management městských zelených ploch

Významný vliv může mít také způsob obhospodařování městských zelených ploch. Parky zahrady a veškeré zelené plochy jsou až na výjimky poměrně intenzivně obhospodařovány formou pravidelného a častého sečení (Cook et al. 2011; Sehrt et al. 2020). Tyto plochy jsou však v mnoha případech bohaté na různé druhy planě rostoucích rostlin, které mohou poskytovat důležité zdroje nektaru a pylu během celého vegetačního období (Winkler et al. 2024). Na základě studií se s častým sečením snižuje rozmanitost kvetoucích rostlin a diverzita i četnost samotářských včel klesá. Dle výzkumu provedeném ve městě Appleton v roce 2020 byla na trávnicích, které byly sekané každý týden o 36 % nižší diverzita a o 34 % nižší hustota rostlin oproti plochám, které nebyly sekány po dobu jednoho měsíce. Na nesečených plochách byla 5x vyšší diverzita a 3x vyšší abundance samotářských včel oproti intenzivně obhospodařovaným plochám (Ribbons et al. 2021). Ve městě Massachusetts porovnávali vliv frekvence sečení po jednom, dvou nebo třech týdnech. Dle výsledků měly trávničky sekané jednou za 3 týdny až 2,5 x více květů, než trávničky sekané po jednom nebo dvou týdnech (Lerman et al. 2018). V jiném výzkumu testovali vliv seče pouze jednou nebo dvakrát za sezónu. Po šesti letech od změny managementu

těchto ploch došlo k nárůstu rostlinných druhů o 30 %. Druhové složení se navíc změnilo z typických travních druhů, které jsou odolné vůči sečení k typicky lučním druhům. Změna managementu k méně intenzivnímu je tak poměrně účinným a jednoduchým nástrojem, který vede ke zvýšení biodiverzity včel i rostlin v městských oblastech (Sehrt et al. 2020). Městské oblasti mají s ohledem na veškeré výše zmíněné faktory vysoký potenciál v ochraně samotářských včel. Důležité je však maximalizovat kvalitu městských ploch a vytvořit provázaná stanoviště, která zajistí dostatečné množství hnízdních i potravních zdrojů s ohledem na preference jednotlivých druhů samotářských včel (Ayers et al. 2021).

3.6 Legislativa a ochrana samotářských včel ve městech

Ochraně volně žijících opylovačů se v České republice doposud nikdo legislativně nevěnoval, neexistuje tedy ochrana jedinců ani jejich biotopů.

Ochrana přírody v České republice je zakotvena v zákoně 114/1992 sb. O ochraně přírody a krajiny. Součástí tohoto zákona je i kategorie druhové ochrany. V současné době je diskutována novela tohoto zákona. Ministerstvo životního prostředí navrhuje změnu v ochraně zvláště chráněných druhů. Prioritou bude chránit a pečovat o ohrožený biotop a místní populaci a v případě nejvíce ohrožených druhů také o jedince. V této souvislosti navrhuje ministerstvo určit principy obecné ochrany opylovačů. Návrh těchto změn bude předložen Poslanecké sněmovně v prvním pololetí roku 2024 (MŽP ČR 2023).

V lednu 2024 byl zahájen projekt LIFE POSPECTIVE (AOPK 2024), který si klade za cíl připravit záchranné programy pro nejohroženější druhy živočichů, rostlin a hub. Projekt bude trvat 10 let, ze 60 % je financován Evropskou unií. Důraz klade na monitoring a vyhodnocování vlivů péče. Tématem tohoto programu by měl být také návrh samostatné strategie ČR pro ochranu volně žijících opylovačů (MŽP ČR 2024).

Na evropské úrovni je ochrana řešena evropským plánem pro záchranu opylovačů – Iniciativa EU týkající se opylovačů (Evropská komise 2018). Na základě pravidelného monitoringu chce evropská komise zmapovat jednotlivé ohrožené druhy opylovačů a nastavit plány a konkrétní opatření k jejich ochraně.

Dne 24.1.2023 vydala evropská komise revizi iniciativy EU týkající se opylovačů a stanovila tak cíle do roku 2030 pro zastavení úbytku opylovačů.

Především doporučuje:

1. „zavést komplexní monitorovací systém (monitorovat na dostatečném počtu lokalit, zavést společnou metodiku monitorování) a sledovat hrozby způsobující úbytek opylovačů (iniciativa EMBAL – monitoring stanovišť v zemědělské krajině a INSIGNIA – monitoring pesticidů)
2. Podporovat výzkum a hodnocení (Horizont Evropa, Červený seznam)
3. Podporovat budování kapacit a sdílení poznatků
4. Zlepšit ochranu druhů a stanovišť – Začlenit ochranu opylovačů do správy chráněných oblastí sítě Natura 2000, naplánovat provázanou síť stanovišť – koridory pro opylovače Buzz Lines
5. Obnovit stanoviště opylovačů v zemědělské krajině
6. Zmírnit dopady používání pesticidů v krajině
7. Zlepšit stanoviště opylovačů ve městech – EU vypracovala pokyny pro města přátelská k opylovačům, města jako útočiště opylovačů
8. Omezit dopad invazivních druhů na opylovače
9. Řešit změnu klimatu a další příčiny úbytků opylovačů(sucho)
10. Pomáhat občanům a podnikům jednat – podporovat účast veřejnosti na monitorování – CITIZEN SCIENCE
11. Podporovat strategické plánování a spolupráci na všech úrovních – celostátní, regionální a místní úroveň, zavedení strategických plánů.“ (Evropská unie 2023).

Dne 27.2.2024 byl přijat návrh nařízení o obnově přírody, která obsahuje právně závazný cíl pro členské státy, zvrátit pokles populací opylovačů do roku 2030 a následně udržet rostoucí trendy.

Samotářské včely jsou veřejnosti často velmi málo známé, na základě čehož dochází k záměně se včelou medonosnou. Politiky některých zemí, stejně tak jako veřejnost často podporují především ochranu včely medonosné, a to pořizováním včelích úlů ve městech (Ropars et al. 2019). Tento trend má ale na samotářské včely dle mnoha studií negativní dopad, a to především v případě, kdy dochází k větší koncentraci úlů v jednom místě (Geslin et al. 2017; Magrach et al. 2017). Dle studie (Ropars et al. 2019) dochází se zvyšující se hustotou včelích úlů k poklesu četnosti i diverzity samotářských včel, které si se včelou medonosnou (*Apis mellifera*) konkurují. Na základě toho nemusí být propojení ochrany volně žijících opylovačů společně se včelou medonosnou (*Apis mellifera*) správným řešením (Geldmann & González-Varo 2018).

Tato témata jsou řešena i na úrovni městských správ, které se věnují regulaci a také odhadu únosné početnosti úlů v jednotlivých městských obvodech.

Z tohoto pohledu je také velmi důležitá informovanost široké veřejnosti (Wilk et al. 2020). V zahraničních se osvědčily také různé citizen science projekty na ochranu volně žijících opylovačů např Great Sunflower Project LeBuhn 2016, Million pollinator gardens, The Greater Atlanta Pollinator Partnership GAPP, Native Bee Watch (Roetman & Daniels 2011; Domroese & Johnson 2017; Roy et al. 2019; Bloom & Crowder 2020).

V české republice vznikají různé iniciativy na podporu volně žijících opylovačů, které jsou podporovány městskými částmi i jednotlivými spolky. V Praze jsou podporováni opylovači zakládáním květnatých ploch v parcích i komunálních zahradách. Pro podporu hnízdění jsou umisťovány hmyzí hotely. Některé městské části přetváří zpevněné plochy, které se nevyužívají na záhony s květnatými rostlinami. V Praze probíhal také projekt Praha kvete, který podporoval zakládání květnatých ploch po celém území města Prahy, a to jak v soukromých, tak i městských zahradách a parcích. Základní snahou bylo informovat veřejnost a vzdělávat jednotlivé školy a školky o volně žijících opylovačích a jejich nárocích na hnízdění a potravu (Praha kvete 2020) Velmi dobře také

pracuje akční ochránářská skupina Jaro Jaroměř, která v současné době připravuje projekt (vyvrácení 5 mýtů o opylovačích) pro veřejnost společně

s Botanickou zahradou Praha. Jaro Jaroměř se stará o více než 300 lokalit po celém území České republiky a spolupracuje také s dalšími orgány ochrany ČR (Jaro Jaroměř).

3.6.1 Dětská hřiště a jejich potenciál pro ochranu samotářských včel

Dětská hřiště, která jsou nedílnou součástí měst představují v mnoha případech heterogenní stanoviště s množstvím přírodních prvků, které mohou podporovat diverzitu i abundanci samotářských včel (Nebelong 2021).

Samotářské včely mají mnoho specifických nároků na prostředí, které zahrnují především dostatečné množství hnízdních a potravních zdrojů. Mnoho druhů samotářských včel, které hnízdí v zemi preferuje hnízdění na holých maximálně řídké porostlých substrátech (Gardein et al. 2022). Současně jsou dle výzkumů pro samotářské včely hnízdicí v zemi důležitá otevřená písčítá stanoviště (Cane 1991), která v České republice obecně ubývají (Botanická zahrada, Praha 2022). Dětská hřiště v závislosti na jejich designu poskytují svažité i rovné, obnažené i porostlé plochy písku, hlíny, šterku a dalších substrátů (Bagot et al. 2015). Kromě prvků, které jsou zásadní pro samotářské včely hnízdicí v zemi se na dětských hřištích vyskytují také keře, stromy, rostliny, živé ploty, rozpraskané stěny a zdi, které jsou důležité pro samotářské včely hnízdicí nad zemí (O'Toole & Raw 2004; Maslovskaia et al. 2021). Kromě travnatých ploch s planě rostoucími rostlinami jsou v mnohých případech po obvodu dětských hřišť tvořeny také záhony s množstvím původních i nepůvodních druhů rostlin, které mohou sloužit jako bohaté zdroje potravy (Wilson & Jamieson 2019; Nurmurzayevich 2023).

Z tohoto pohledu mohou dětská hřiště představovat unikátní biotopy poskytující různorodé hnízdní i potravní zdroje, záleží ale na kvalitě jednotlivých hřišť, která se poměrně výrazně liší. Výskyt samotářských včel v městských oblastech byl v okolních zemích za poslední období zaměřen na parky, komunitní zahrady, soukromé zahrady, ruderalní stanoviště, botanické zahrady (Buchholz et al. 2020; Lanner et al. 2020; Rahimi et al. 2022; Benites et al. 2023; Macharia & Ndiritu 2024), ale dětská hřiště z tohoto pohledu nebyla doposud zkoumána. (Bulut & Yilmaz 2008; Loomis 2008).

Z tohoto důvodu byl v rámci výzkumu analyzován potenciál dětských hřišť pro ochranu samotářských včel

4. Metodika

Cílem výzkumu bylo analyzovat dětská hřiště jako potenciální stanoviště pro ochranu samotářských včel na území hl. m. Prahy. V rámci výzkumu byli odchytáváni jedinci samotářských včel, kteří se vyskytovali na vybraných lokalitách. Současně byly sledovány jednotlivé environmentální proměnné vybraných dětských hřišť a kontrolních ploch včetně následné analýzy gradientu zastavěných ploch v okolí studovaných lokalit.

V rámci metodiky je popsána studovaná oblast společně s výběrem konkrétních dětských hřišť a kontrolních ploch. Dále jsou vysvětleny jednotlivé environmentální proměnné, které byly individuálně určovány v rámci každé lokality. Hodnoceno bylo také zastoupení zelených a urbanizovaných ploch, které se vyskytovaly v poloměru 200 a 500 m od dětských hřišť a kontrolních ploch. Následuje popis samotného terénního výzkumu společně s metodami odchytu, preparace a determinace odchycených jedinců. V závěru metodiky je představeno samotné zpracování dat, zvolené analýzy a výsledky.

4.1 Studijní oblast

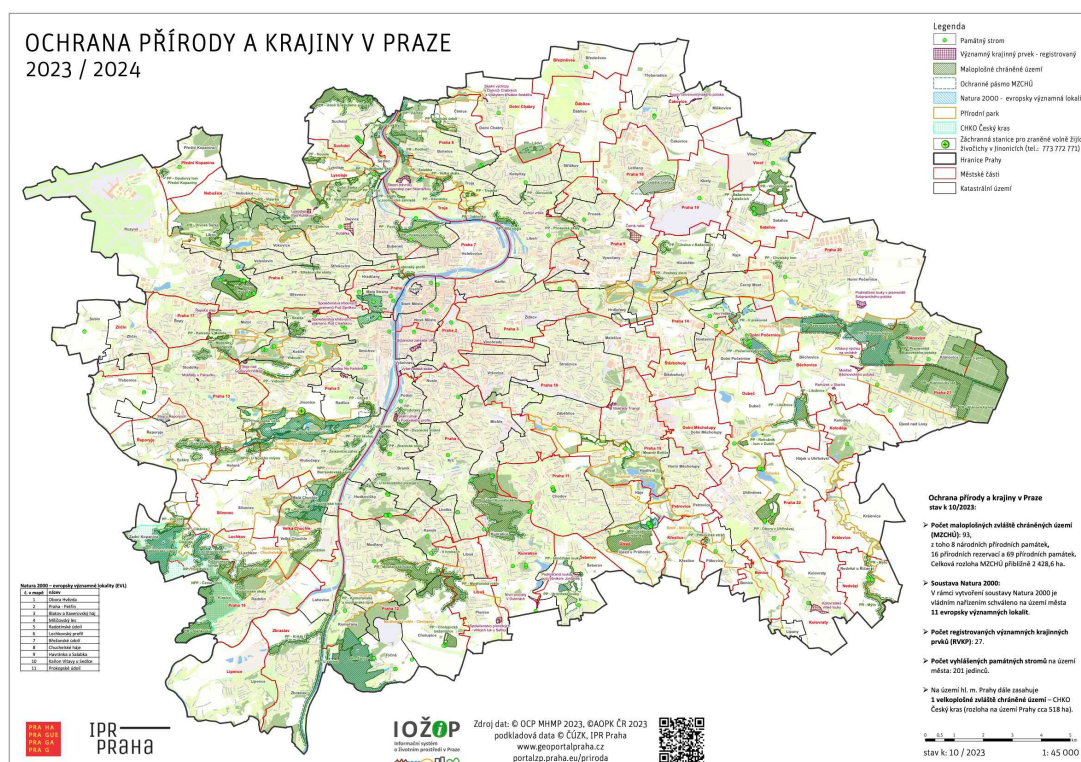
Výzkum samotářských včel probíhal v celé oblasti hlavního města Prahy, se zaměřením na dětská hřiště a městskou zeleň. Území Prahy je ovlivněno pevninským a oceánickým podnebím, leží v oblastech termofytika a mezofytika. Praha je také typická specifickými geologickými poměry, reliéfem, který je vysoce členitý a půdami, které mají různé hydrické a trofické poměry. Veškeré výše zmíněné faktory umožnily vznik nejrůznějších ekosystémů (ÚAP Praha ©2008).

Celé území Prahy je současně významně ovlivňováno a utvářeno působením člověka již po tisíce let. Na svazích nacházejících se na území Prahy bylo před pěti tisíci lety budováno mnoho hradišť, což způsobilo značný tlak na okolní prostředí. Přírodní plochy v okolí hradišť byly postupně odlesňovány a spásány domestikovanými zvířaty. Pod tlakem různých, nejen hospodářských antropogenních činností je pražská

příroda do dnes. Veškeré přírodní prvky Prahy jsou do jisté míry ovlivněny lidskou činností, což zajistilo vývoj stanovišť do podoby, kterou můžeme vidět dnes (ÚAP Praha ©2008; Micek et al. 2020).

Pražskou přírodu tvoří přibližně 2200 ha zvláště chráněných území, 20 % přírodních parků, 5100 ha rozsáhlých lesních pozemků, významné krajinné prvky, územní systém ekologické stability, ale také městská zeleň, která je utvářena soukromými a komunitními zahradami, zelenými plochami, květnatými záhony a pražskými stromořadími, které tvoří přes 26 tis. stromů (Portál životního prostředí hl. m. Prahy 2014; TSK Praha 2024).

V Praze se dnes vyskytuje 93 chráněných území, které představují nejvýznamnější části pražské přírody. Jsou chráněny jako zvláště chráněná území v podobě přírodních památek, národních přírodních památek nebo přírodních rezervací, společně s částí chráněné krajinné oblasti Český kras (BNV Consulting 2010; Portál životního prostředí hl. m. Prahy ©2014).

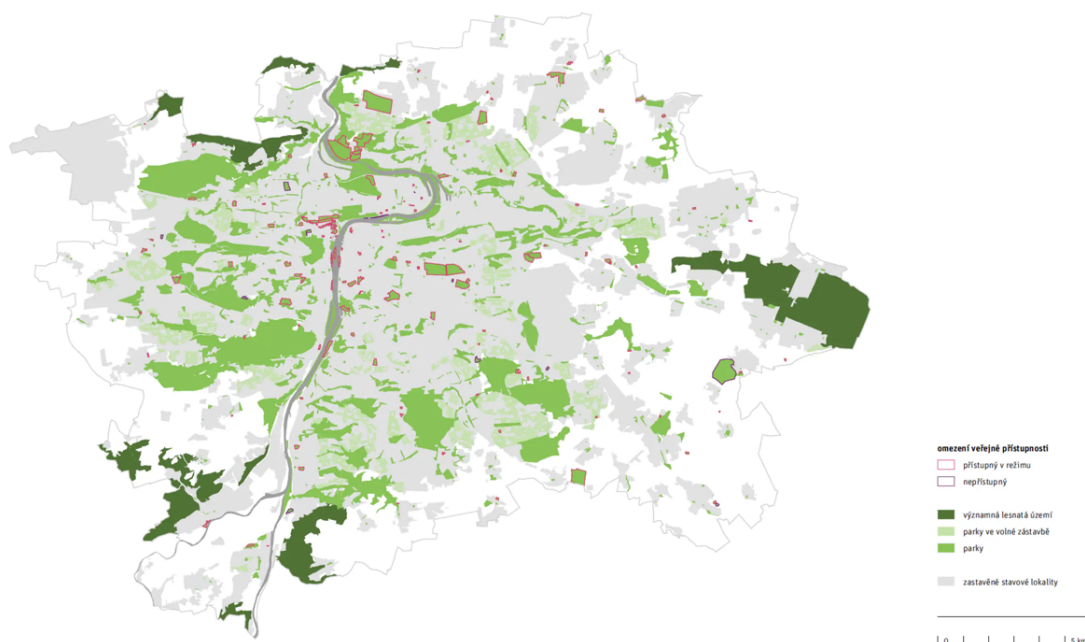


Obr. 1 Mapa ochrany přírody a krajiny v Praze (Portál životního prostředí hl. m. Prahy 2023).

Pražská městská zeleň, parky, soukromé a komunitní zahrady, které se v rámci celého města prolínají, dle studií z okolních zemí tvoří důležitá stanoviště pro mnoho druhů živočichů, včetně samotářských včel (BNV Consulting 2010; Portál životního prostředí hl. m. Prahy 2014; Baldock et al. 2019; Theodorou et al. 2020; Prendergast et al. 2022).

Dle indexu HUGSI je Praha jedním z nejzelenějších měst světa. Travnaté a zalesněné plochy pokrývají celkem 56 % rozlohy města. Za posledních 20 let se oblasti městské zeleně zvětšily o více než 300 ha a stále se rozrůstají (Hussein et al. 2020). V Praze se nachází také veřejné městské parky, které zabírají celkem 14 % území. (Portál životního prostředí hl. m. Prahy 2014; TSK Praha 2024).

2.1.3.1 Veřejná přístupnost parků
IPR Praha 2020 / data: IPR Praha 2020



Obr. 2 Parky na území hl. m. Prahy (IPR Praha 2021).

Praha, která je v zastoupení všech přírodních i člověkem vytvořených biotopů takto heterogenní, může výskyt samotářských včel značně ovlivnit, a to nejen řadou konkrétních environmentálních proměnných daných stanovišť, ale také svým proměnlivým krajinným pokryvem, a proto byla zvolena jako vhodná oblast k výzkumu.

4.2 Podpora biodiverzity na území hl. m. Prahy

S ohledem na novou politiku péče o zeleň, jejímž cílem je podpora diverzity hmyzu, především včel, čmeláků a motýlů, se některé městské části Prahy zapojily do výsevu květnatých luk na plochách městských trávníků. Příkladem je městská část Praha 4, která od roku 2020 do roku 2023 založila 15 květnatých luk, které se rozprostírají mezi ulicemi o celkové výměře 4 500 m². Prioritou této městské části, je v nadcházejících letech rozšíření květnatých luk na rozlohu až 10 000 m² (Městská část Praha 4 2023).



Obr. 3 Květnatá louka ve středovém pásu v ulici Pujmanové u zastávky BUS Sídlíště Pankrác na Praze 4. (foto: Městská část Praha 4 2023)

Prahu 4 následují také další městské části. Praha 3 vysela v roce 2023 květnatou louku na Olšanském náměstí, která bude od letošního léta roku 2024 monitorována a v případě pozitivních výsledků bude vytvořeno mnoho dalších luk. Centrální městská část Praha 2 plánuje osadit plochy o výměře 5140 m² směsí původních kvetoucích rostlin. Květnatá louka byla v roce 2018 založena také v Královské oboře – Stromovka. Praha 7 plánuje mnoho dalších aktivit na podporu městské zeleně a biodiverzity jako je výstavba nového parku u Vody včetně dalších květnatých luk.

Praha 11 bude v roce 2024 zakládat další květnaté louky včetně přeměny nevhodných zpevněných ploch na záhony s trvalkami.

Existuje také řada projektů a aktivit, které v Praze vznikly za účelem podpory hnízdních stanovišť pro včely a jiný hmyz. Jedním takovým je projekt hmyzí hotely, který zrealizovala v roce 2018 dobrovolná iniciativa obyvatel Prahy 10, která celý projekt financovala. V rámci projektu byly zřizovány hmyzí hotely po celé Praze 10.



Obr. 4 Hmyzí hotel v Malešickém parku a na Malešickém náměstí.

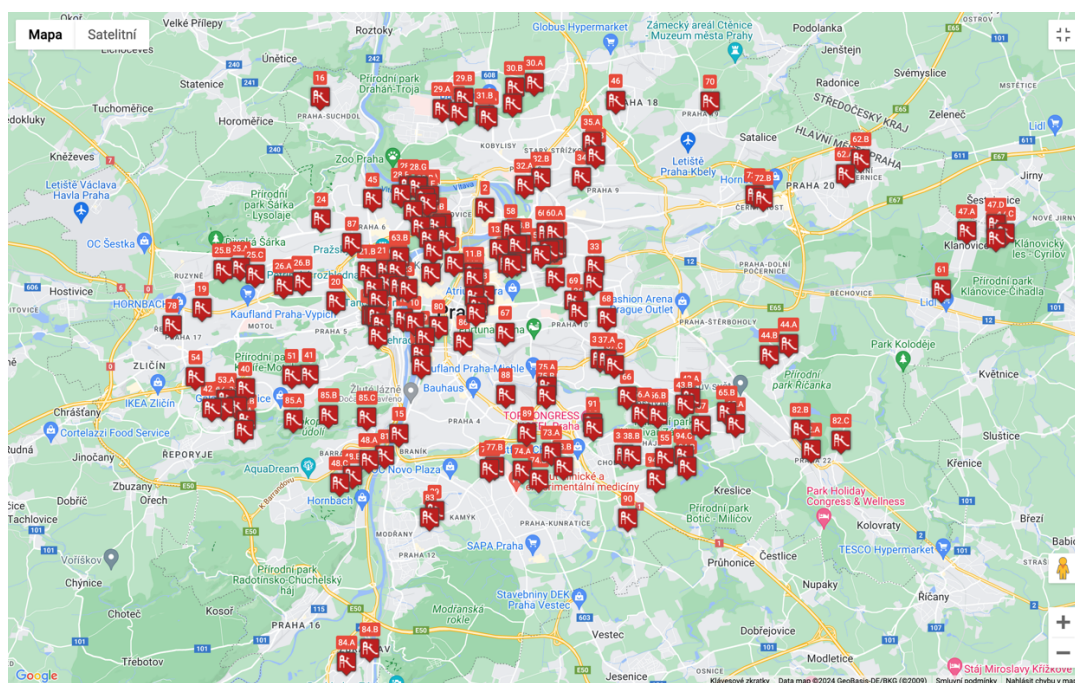
Některé parky vytváří hmyzí hotely společně s výsadbou květnatých záhonů.



Obr. 5 Autor

Aktivity zaměřené na poskytování důležitých potravních a hnízdních zdrojů mají zásadní význam pro zachování populací nejen samotářských včel. Na území Prahy je za účelem podpory opylovačů věnována pozornost především parkům, komunitním zahradám a městským zeleným plochám. Existuje ale řada městských stanovišť, jejichž vliv a potenciál pro ochranu samotářských včel není dostatečně prozkoumán. Mezi tato stanoviště patří mimo jiné i dětská hřiště, která by v případě vhodných managementových opatření mohla sloužit jako důležitá přírodní stanoviště.

4.3 Dětská hřiště na území hl. m. Prahy



Obr. 6 Orientační seznam dětských hřišť na území hl. m. Prahy.

Na území hl. m. Prahy se nachází více než 100 dětských hřišť, které mají potenciál nabídnout širokou škálu přírodních prvků. Městské oblasti podporují samotářské včely stavbou hmyzích hotelů, které jsou v případě kvalitního provedení pro mnoho druhů velmi atraktivní, i přesto poskytují hnízdní prostor pouze včelám, které hnízdí nad zemí. V městských oblastech je přitom mnoho nepropustných povrchů, které včely hnízdící v zemi nemohou využít. Mnoho druhů samotářských včel preferuje písčité nebo hlinité plochy bez vegetace, které jsou na některých dětských hřištích běžné. Z tohoto pohledu by mohla být dětská hřiště bohatá na různé substráty a rozrušené plochy pro samotářské včely hnízdící v zemi velmi atraktivní. Okolí těchto ploch je

často doplněno travnatými plochami, které nabízí mnoho planě rostoucích rostlin. Součástí některých hřišť jsou také uměle vysazované směsi kvetoucích rostlin, které mohou zajišťovat potravní zdroje. Naproti tomu je v Praze mnoho hřišť, která mají pouze minimum přírodních prvků nebo jsou tvořena čistě nepropustnými povrchy. Taková hřiště budou na biodiverzitu pravděpodobně velmi chudá.

4.3.1 Výběr dětských hřišť a kontrolních ploch

Pro účely výzkumu bylo vybráno celkem 41 dětských hřišť a 41 kontrolních městských zelených ploch. Vybrané lokality byly rozprostřeny po celém území od centra směrem k okraji hl. m. Prahy.



Obr. 7 Mapa – příklad rozmístění dětských hřišť v rámci území hl. m. Prahy

Dětská hřiště byla vybrána tak aby zahrnovala celou škálu stanovišť od kvalitních přírodě blízkých ploch s množstvím různých substrátů (písek, štěrky, rozrušené plochy, vegetace, kvetoucí rostliny, stromy, keře) přes plochy s minimem zeleně až po hřiště,

kteřá heterogenní prvky postrádala úplně a byla tvořena pouze nepropustným betonovým nebo jiným umělým povrchem.

Ke každému dětskému hřišti byla přiřazena vhodná kontrolní plocha, která bezprostředně nenavazovala na konkrétní hřiště, ale vyskytovala se v jeho blízkosti. Jednalo se o různé zelené plochy městských trávníků, které měly různé zastoupení kvetoucích druhů rostlin, ať už exotických nebo původních planě rostoucích a stejně tak propustných a nepropustných povrchů. Kontrolní plochy byly voleny tak aby svým složením v podobě umělých a přírodních prvků co nejvíce odpovídaly danému dětskému hřišti a nedocházelo tak k výraznému zkreslení, respektive aby nedošlo k porovnání hřiště tvořeného čistě nepropustným povrchem bez prvků zeleně s kontrolní plochou tvořenou květnatou loukou s původními druhy rostlin, které jsou pro samotářské druhy včel velice atraktivní. V případech, kdy se v okolí dětského hřiště vyskytovalo úplně minimum zeleně byla zvolena taková plocha, která byla k dispozici, bez ohledu na její kvalitu. Dětská hřiště i kontrolní plochy podléhaly po celou dobu obou výzkumů předem naplánovanému managementu v podobě seče. Veškeré tyto změny byly zaznamenávány vždy před samotným sběrem samotářských včel.

4.3.2 Gradient urbanizace v okolí dětských hřišť

Důležitým faktorem, který může výskyt samotářských včel v městských oblastech ovlivnit je míra urbanizace, v důsledku které může docházet k izolaci jednotlivých přírodních stanovišť. Praha je z tohoto pohledu poměrně diverzifikovaná, jelikož její gradient urbanizace směrem od okrajů k centru nestoupá, naopak se díky zastoupení městských zelených ploch různě mění. I přesto je v některých městských částech podíl zelených ploch poměrně nevyrovnaný. Současně dochází ke stálému rozrůstání zástavby na úkor městských zelených ploch (Praha 2008; Fuchs 2021).

V rámci výzkumu byly lokality dětských hřišť i kontrolních ploch poměrně rovnoměrně rozmístěny po celém území Prahy. Okolí studovaných lokalit bylo tvořeno množstvím veřejných i soukromých travnatých ploch, keřů, travnatých ostrůvků a pásů, keřových a květinových záhonů, stromů ve skupinách nebo stromořadích, ale také hustou zástavbou s minimem doprovodných vegetačních prvků.

Množstevní zastoupení těchto otevřených stanovišť městské přírody se s ohledem na různou intenzitu zástavby v jednotlivých částech Prahy výrazně liší, což může mít na výskyt samotářských včel významný vliv.

Aby bylo možné zjistit, do jaké míry jsou samotářské včely ovlivněny urbanizací a zastoupením městské zeleně v jejich okolí, byla provedena analýza krajinného pokryvu viz kapitola analýza dat.

4.3.3 lokální proměnné vybraných lokalit

Dle dosavadních studií je výskyt samotářských včel v městských oblastech ovlivněn řadou environmentálních proměnných, které formují městské prostředí a tím i společenstvo včel (Fischer et al. 2016). Pro posouzení charakteru a kvality vybraných dětských hřišť a kontrolních ploch jsme zvolili 5 environmentálních proměnných, kterými jsou:

Proměnná	Popis
Nabídka nektaru	Zastoupení kvetoucích rostlin
Zastínění	Vliv zastínění poskytovaného okolními stromy a budovami
Nepropustný povrch	Povrch tvořený betonem, asfaltem nebo jinými zpevněnými povrchy
Plocha bez vegetace	Holě písčité nebo hlinité plochy bez vegetace
Plocha s vegetací	Plocha porostlá travami

Nabídka nektaru byla zjišťována na základě množství kvetoucích rostlin na škále 0 (žádná nabídka nektaru) až 3 (maximální nabídka nektaru). Míra zastínění, byla predikována v procentech na základě množství stromů a ostatních stinných prvků, které se na lokalitách vyskytovaly. Podíl zpevněné plochy byl vyjadřován v procentech a zahrnuje veškerý nepropustný povrch v podobě betonových ploch, chodníků, zastavěných ploch a dalších povrchů z umělého materiálu. Do podílu nezpevněné plochy byly zařazeny veškeré plochy tvořené sypkými propustnými materiály jako je písek, jemný štěrk, rozrušené plošky hlíny v trávě a další substráty, které mohou samotářské včely využít k hnízdění a úkrytu. Pokryvnost zeleně

představuje veškerou zelenou plochu jako je tráva, keře, záhonky kvetoucích rostlin, vyjádřená v procentech bez započítání podílu nezpevněné plochy.

Za účelem dosažení aktuálnosti dat byly veškeré výše popsané proměnné zjišťovány vždy těsně před samotným odchytem samotářských včel, jelikož např. míra nektaru byla přímo závislá na načasování seče a jiných managementových opatření v rámci jednotlivých ploch, které probíhaly nezávisle na prováděných výzkumech.

Na základě těchto proměnných bylo možné zjistit, do jaké míry jsou městské zelené plochy a dětská hřiště využívány samotářskými včelami.

4.4 Popis terénního výzkumu

Odchyt samotářských včel proběhl 2x za sezónu a to 2.7.2023 až 7.7.2023 (pozdně jarní aspekt) a poté 12.8.2023 až 16.8.2023 (letní aspekt). První návštěva byla původně naplánována na jarní období. Bohužel musela být z důvodu nepříznivého počasí přesunuta na první červencový týden.

První výzkum trval každý den zhruba od 9:00 h do 17:00 hodin po dobu 6 dní. Bylo převážně polojasno a teplota se během výzkumu pohybovala v rozmezí 20° až 31°C. První 3 dny výzkumu byl pouze mírný vítr, který se v následujících dnech utišil. Jeden den musel být odchyt včel přerušen z důvodu dešťové přeháňky, která by pravděpodobně zkreslila data. Výzkum tedy probíhal o jeden den déle oproti druhému výzkumu.

Druhý výzkum probíhal každý den od 9:00 h do 17:00 hodin po dobu 5 dní. Každý den bylo jasno až polojasno a teplota se během dne pohybovala od 22° do 31° C. Oproti prvnímu výzkumu bylo bezvětří s pocitově velmi vysokými teplotami.

Každou lokalitu jsem před odchytem samotářských včel prošla abych stanovila jednotlivé parametry sledovaných lokalit. Environmentální proměnné jsem na každé lokalitě zaznamenávala do předem připravených tabulek, včetně fotografií jednotlivých lokalit. Kontrolní plochy byly zaznamenávány do map, aby se lokality mezi prvním a druhým výzkumem nelišily.

4.5 Sběr samotářských včel

Pro odchyt samotářských včel jsem zvolila metodu smyku/individuálního odchytu, pomocí lehké entomologické sítě. Z pohledu množství odchycených exemplářů je v rámci ostatních výzkumů běžnější odchyt do Moerickeho misek žluté barvy, ale jednalo se o výzkum, který probíhal na dětských hřištích, kde se běžně pohybují děti, které by si s miskami pravděpodobně hrály, znečišťovali je a v nejhorším případě by mohli tekutinu požit. Z tohoto důvodu tato metoda nepřipadala v úvahu. Současně je odchyt do entomologické sítě šetrnější volbou, na základě které je možné odebírat pouze jedince, kteří jsou předmětem daného výzkumu, případně omylem odchycené jedince zpětně vypustit.

Pro každou lokalitu jsem si připravila zkumavky, které jsem nadepsala názvy konkrétních lokalit společně s datem a číslem výzkumu. Ke smrcení jedinců jsem využívala ethylacetát (octan etylnatý), který byl vkládán na kousku papíru společně s odchycenými jedinci do zkumavek. Lokality jsem procházela rovnoměrně v celém jejich rozsahu. V některých případech byla hřiště tak rozsáhlá, že byla procházena jen konkrétní zvolená část, která svou velikostí odpovídala ostatním hřištím. Každá lokalita, jak dětská hřiště, tak kontrolní plochy byly procházeny bezprostředně po sobě. Čas pro odchyt samotářských včel byl vymezen na 10 minut pro každou lokalitu, přičemž byl stopován chytrými hodinkami, aby bylo dosaženo co největší přesnosti. Po odchytu byly exempláře vloženy do předpřipravených epruvet s ethylacetátem, ve kterých byly ponechány až do doby samotné preparace a determinace. Stejně úsilí a metody odchytu byly vynaloženy jak na dětských hřištích, tak na kontrolních plochách. K přejezdům mezi lokalitami byl využíván skútr, díky kterému byl přesun mezi lokalitami velmi rychlý.

4.6 Tvorba podkladů pro analýzu dat

Před samotnými analýzami byla provedena preparace a determinace odchycených jedinců samotářských včel. Dále byly zpracovány podklady pro následnou analýzu vlivu množství zeleně na diverzitu a četnost samotářských včel.

4.6.1 Determinace samotářských včel

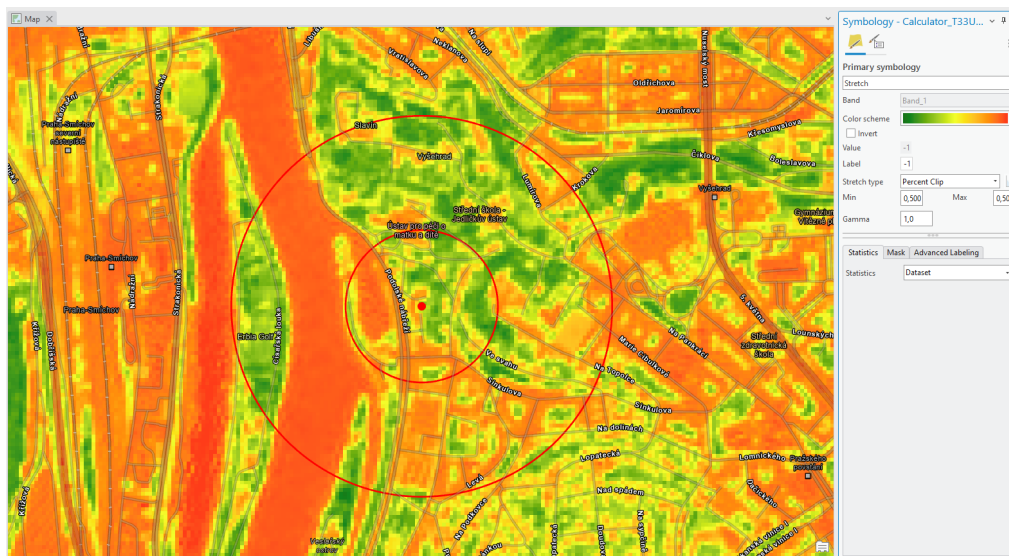
Po dokončení výzkumů jsem všechny odchycené jedince vypreparovala a napíchala na špendlíky. Jedinci byli takto upravováni, aby byly zachovány všechny důležité morfologické znaky potřebné pro jejich následnou determinaci do konkrétních druhů. Preparace všech exemplářů trvala 20 dní. Takto upravení jedinci byli následně determinováni do konkrétních druhů podle determinačních klíčů (Dathe 1980; Scheuchl 1995; Schmidt-Egger & Scheuchl 1997; Banaszak & Romasenko 1998; Pesenko et al. 2000; Herrmann et al. 2010). Determinace probíhala pod odborným dohledem pana RNDr. Daniela Bendy, Ph.D. Dle srovnávací sbírky samotářských včel a jednotlivých determinačních klíčů jsem samotářské včely určila do konkrétních druhů. Všechny mnou určené druhy byly zkontrolovány. Nakonec byl každému jedinci přiřazen štítek s potřebnými informacemi, jako je datum, čas, počasí, lokalita, souřadnice a konkrétní výzkum.

4.6.2 Krajinný pokryv v okolí dětských hřišť

Vrstva, která zobrazuje zastoupení množství zeleně v okolí dětských hřišť byla vytvořena na základě snímku pořízeného z dálkového průzkumu země pomocí družice Sentinel-2 s rozlišením 10x10 m, z konce května 2023. Ze snímku byla pro celé území hl. m. Prahy vytvořena vrstva dle indexu NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Jedná se o index, který umožňuje kvantifikovat stav a dynamiku vegetace. Hodnota NDVI se počítá na základě matematického vzorce, dle kterého je porovnávána intenzita infračerveného (NIR) a červeného (Red) záření odraženého z povrchu země. Index se následně pohybuje v hodnotách -1 a 1, kde vyšší hodnoty obvykle signalizují také vyšší hustotu vegetace. Na základě této vrstvy NDVI byl u každého dětského hřiště vytvořen buffer o poloměru 200 a 500 m, ze kterého byl vypočten podíl zelených a ostatních ploch. Hodnoty byly následně použity pro analýzu vlivu zastoupení množství zeleně na četnosti a diverzitu samotářských včel viz kapitola 4.8.1.



Obr. 8 Buffer kolem dětského hřiště v poloměru 200 a 500 m. (ArcGIS Pro)



Obr. 9 Vrstva dle indexu NDVI (množství vegetace) (ArcGIS Pro)



Obr. 10 Výsledná vrstva, rozdělená na zeleň a ostatní plochu. (ArcGIS Pro).

4.7 Analýza dat

Pro tvorbu tabulek byl využit program Microsoft excel. Analýza dat byla provedena v programu R verze 4.3.2 (R Core Team 2023).

4.7.1 Vliv množství zeleně na diverzitu a četnost samotářských včel

Data byla analyzována pomocí dvou nezávislých zobecněných lineárních modelů (GLMs) Poissonovým rozdělením dat. Vysvětlované proměnné v modelech byly počet jedinců samotářských včel a počet druhů samotářských včel. Do modelu vstupovaly jako vysvětlující proměnné množství zeleně (m²) v poloměru 200 a 500 m. Data byla analyzována pro měsíc červenec a srpen zvlášť. Jelikož byla dětská hřiště a kontrolní plochy blízko sebe, byla tato analýza provedena pouze pro dětská hřiště. Vizualizace byla provedena v programu MS Excel.

4.7.2 Porovnání vlivu dětských hřišť a kontrolních ploch na četnost a diverzitu samotářských včel v červenci a srpnu

Data byla analyzována pomocí čtyř nezávislých zobecněných smíšených modelů (GLMMs) s Poissonovým rozdělením dat. Vysvětlované proměnné v modelech byly počet jedinců samotářských včel a počet druhů samotářských včel. Jako vysvětlující proměnné vstupovaly do modelu vzájemná interakce stanovišť („patch“: dětská hřiště vs kontrolní plochy) a termínů sběru („period“: červenec vs srpen). Umístění lokality (území hl. m. Prahy) bylo do modelu zahrnuto jako náhodný efekt. Data byla vizualizována pomocí balíčku „ggplot2“ v programu R (Wickham 2016). Smíšené modely byly vytvořeny s pomocí balíčku lme4 v 1.1 (Bates et al 2015).

4.7.3 Vliv jednotlivých environmentálních proměnných dětských hřišť na diverzitu a četnost samotářských včel v porovnání s kontrolními plochami

Data byla analyzována na základě čtyř nezávislých zobecněných lineárních modelů (GLMs) s Poissonovým rozdělením dat. Vysvětlované proměnné v modelech byly počet jedinců samotářských včel a počet druhů samotářských včel. Jako vysvětlující proměnné vstupovaly do modelu nabídka nektaru a podíly propustných ploch bez

vegetace, ploch s vegetací, nepropustných ploch a zastínění. Data byla analyzována pro měsíc červenec a srpen zvlášť. Vizualizace byla provedena v programu MS Excel.

4.7.4 Vzájemné interakce a podobnosti mezi samotářskými včelami a environmentálními proměnnými na dětských hřištích

Pro vizualizaci vztahů mezi jednotlivými druhy samotářských včel byla zvolena unimodální nepřímá analýza (CA), do které byla zahrnuta pouze data s druhy a početnostmi samotářských včel.

Pro vizualizaci vztahů byla provedena korespondenční analýza (CCA). Vysvětlované proměnné v modelu byly jednotlivé druhy samotářských včel. Jako vysvětlující proměnné vstupovaly do modelu nabídka nektaru (nectar), plochy bez vegetace (bare), nepropustné zastavěné plochy (solid) a zastínění (shade). Vzájemné vztahy mezi samotářskými včelami a environmentálními proměnnými byly vizualizovány pomocí ordinačních diagramů. Všechny ordinační analýzy byly vytvořeny s pomocí balíčku vegan verze 2.3 (Oksanen et al. 2016).

4.8 Výsledky

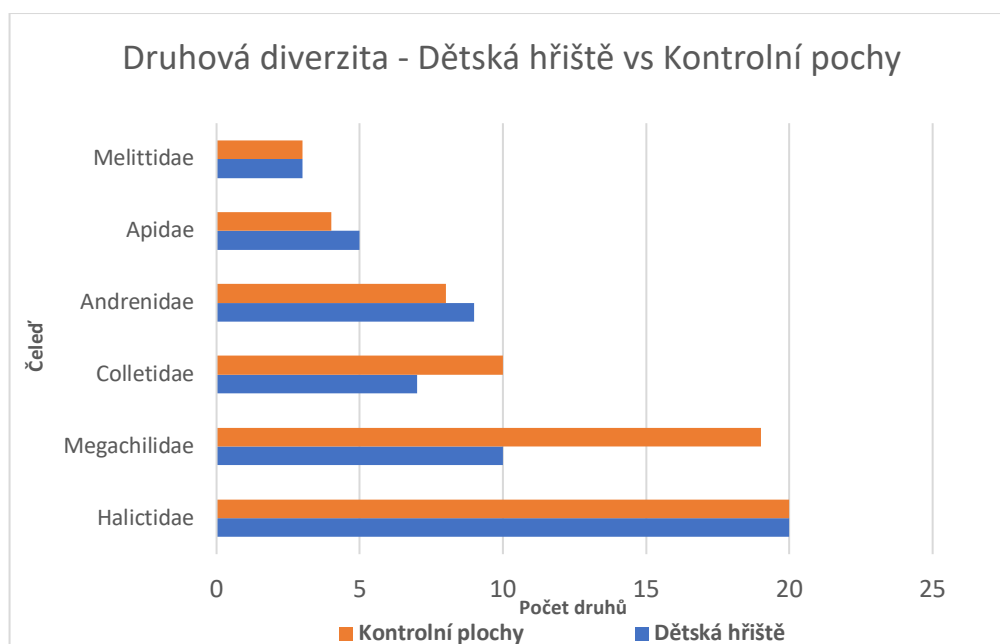
4.8.1 Společenstvo samotářských včel

V rámci výzkumů bylo odchyceno celkem 1030 jedinců samotářských včel (372 na dětských hřištích a 658 na kontrolních plochách) reprezentujících 72 druhů z 23 rodů patřících do čeledí ploskočelkovití (Halictidae), čalounicovití (Megachilidae), hedvábnicovití (Colletidae), pískorypkovití (Andrenidae) a pilorožkovití (Melittidae) (Tab. 5, Obr. 11).

Z celkového počtu odchycených jedinců byla nejpočetněji zastoupena čeleď Halictidae (75,3 % jedinců). Následovala čeleď Megachilidae (11,7 %), Colletidae 6,9 %, Andrenidae (3,4 %), Apidae (1,5 %). Nejméně zastoupena byla čeleď Melittidae (1,3 %) (Tab. 5).

Tab. 5 Tabulka zobrazující počty jedinců a druhů na dětských hřištích a kontrolních plochách.

Čeleď	Počet jedinců / počet druhů		
	Celkem	Dětská hřiště	Kontrolní plochy
Ploskočelkovití (Halictidae)	776 / 24	291 / 20	485 / 21
Čalounicovití (Megachilidae)	120 / 20	36 / 10	84 / 19
Hedvábnicovití (Colletidae)	71 / 11	16 / 7	55 / 10
Pískorypkovití (Andrenidae)	35 / 9	16 / 5	19 / 8
Včelovití (Apidae)	15 / 5	8 / 4	7 / 4
Pilorožkovití (Melittidae)	13 / 3	4 / 1	9 / 3
Celkem:	1030 / 72	371 / 47	659 / 65



Obr. 11 Porovnání druhové diverzity čeledí samotářských včel na dětských hřištích a kontrolních plochách.

Téměř polovina samotářských včel patřila do rodu ploskočelka (*Halictus*), v počtu 483 jedinců (46,9 %) z toho 172 jedinců na dětských hřištích a 313 na kontrolních plochách. Následovaly včely rodu ploskočelka (*Lasioglossum*) v počtu 288 jedinců (28 %), z toho 117 jedinců na dětských hřištích a 170 na kontrolních plochách.

Ze všech determinovaných jedinců byla na dětských hřištích i kontrolních plochách nejhojněji zastoupena v celkovém počtu 181 jedinců ploskočelka obecná (*Halictus tumulorum*) patřící do čeledi ploskočelkovití (*halictidae*). Následovala ploskočelka zlatolesklá (*Halictus subauratus*) v počtu 132 jedinců.

Z celkového počtu jedinců bylo determinováno 405 samic a 131 samců odchycených v červenci a 203 samic a 291 samců odchycených v srpnu.

Odchyceno bylo také 5 druhů samotářských včel, které jsou součástí červeného seznamu. Jednalo se o čalounici bělonohou (*Megachile lagopoda*) a pelonosku liščí (*Anthophora quadrimaculata*), které jsou řazeny mezi kategori EN (ohrožený druh). Dále byla odchycena trnočelka hladká (*Rhophitoides canus*), která je řazena do kategorie VU (zranitelný druh). Dále čalounice vojtěšková (*Megachile pacifica*) a pilorožka vojtěšková (*Melitta leporina*), které jsou řazeny do kategorie NT (blízké ohrožení). Druhy v kategorii NT jsou druhy, které se téměř blíží kritériím pro obecně ohrožené druhy (Hejda et al. 2017) (Tab. 6).

Tab. 6 Samotářské včely odchycené během výzkumu, které jsou součástí Červeného seznam ohrožených druhů České republiky.

Druh	Kategorie ohrožení	Počet odchycených jedinců
čalounice bělonohá (<i>Megachile lagopoda</i>)	EN	1
pelonoska liščí (<i>Anthophora quadrimaculata</i>)	EN	7
trnočelka hladká (<i>Rhophitoides canus</i>)	VU	1
čalounice vojtěšková (<i>Megachile pacifica</i>)	NT	2
pilorožka vojtěšková (<i>Melitta leporina</i>)	NT	10

Počet odchycených včel v rámci každé lokality se pohyboval od 0 do 38 jedinců, v průměru 7 jedinců na lokalitu.

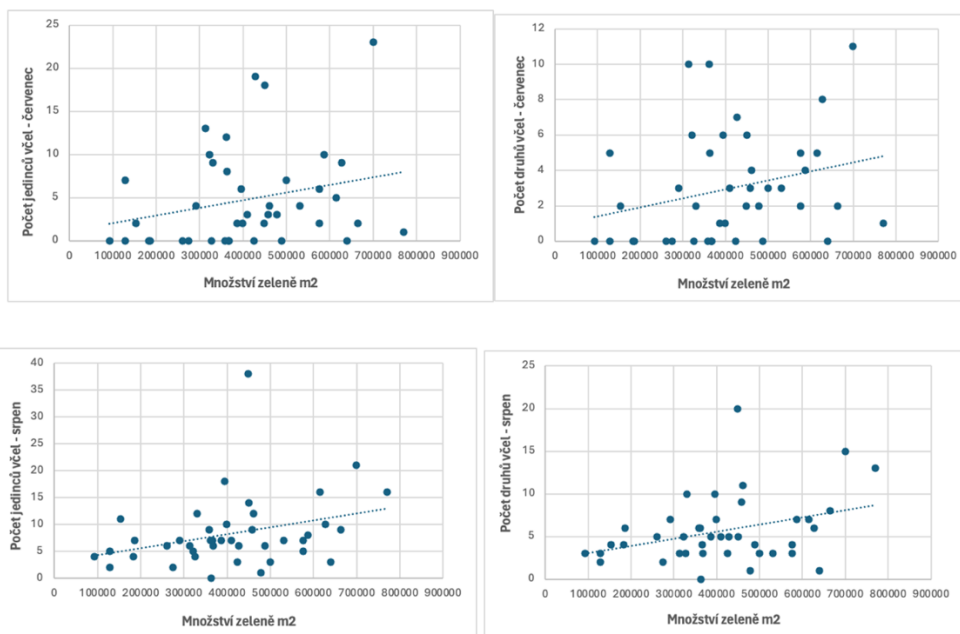
Na dětských hřištích č. 2, 7, 25, 26 nebyl za celý výzkum odchycen žádný jedinec.

4.8.2 Vliv množství zeleně na diverzitu a četnost samotářských včel

Počet druhů i jedinců samotářských včel se na dětských hřištích statisticky prokazatelně lišil v závislosti na množství zeleně (m²). Statisticky významné bylo množství zeleně v poloměru 500 m (viz Tab. 8).

Tab. 7 GLMM hodnotící vliv množství zeleně m² pro měsíc červenec i srpen

Vysvětlovaná proměnná:	Radius 200 m		Radius 500 m	
	P – hodnota	X ² – hodnota	P – hodnota	X ² – hodnota
Počet jedinců včel – červenec	0,372	242,75	<0,001	243,54
Počet druhů včel – červenec	0,847	130,63	0,002	130,66
Počet jedinců včel – srpen	0,944	148,48	<0,001	148,49
Počet druhů včel – srpen	0,271	84,063	<0,001	85,271



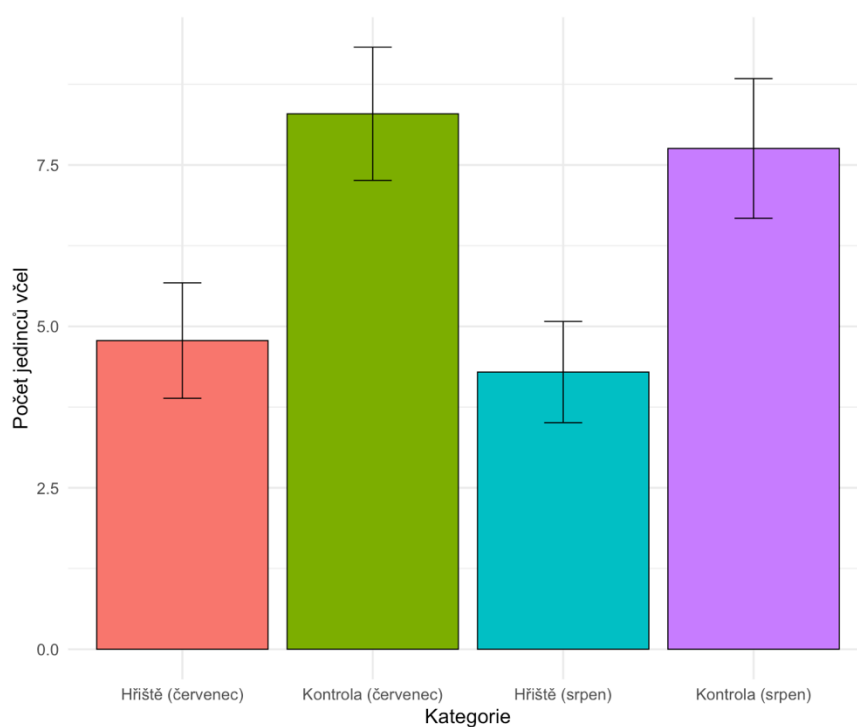
Obr. 12 Grafy zobrazující vliv množství zeleně v poloměru 500 m na diverzitu a četnost samotářských včel

4.8.3 Porovnání vlivu dětských hřišť a kontrolních ploch na četnost a diverzitu samotářských včel v červenci a srpnu

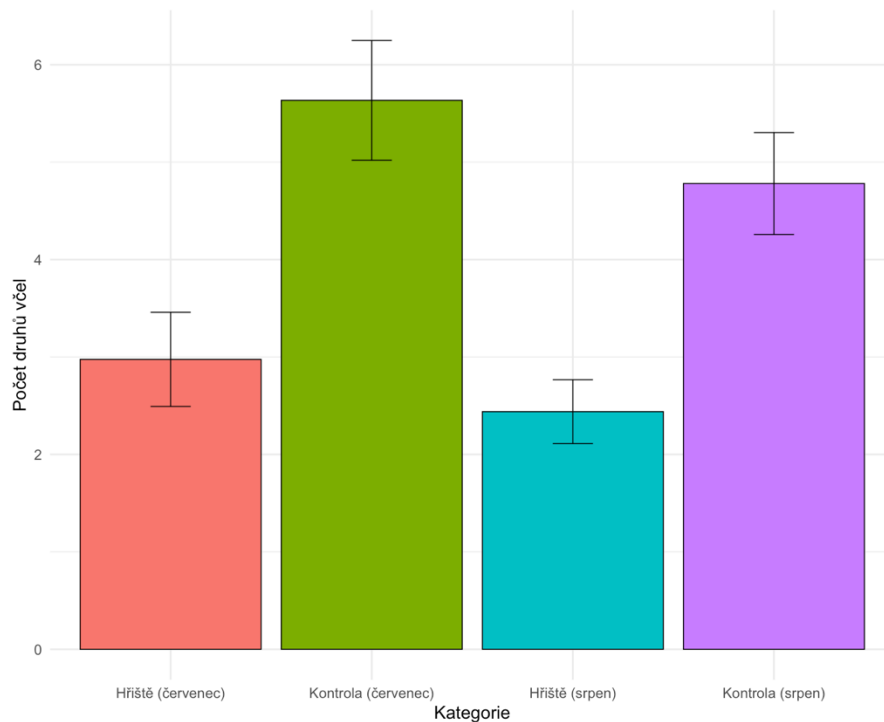
Výsledky analýzy dat, které jsou zobrazené v Tabulce 1 ukázaly, že prostředí dětských hřišť a okolních zelených (kontrolních) ploch představuje pro samotářské včely odlišné prostředí. Naopak nebyl prokázán signifikantní rozdíl ve výskytu samotářských včel mezi červencem a srpnem. Dle grafů (obr. 8 a 9) byla diverzita i početnost samotářských včel vyšší na kontrolních plochách.

Tab. 8 Výsledky zobecněných lineárních modelů, vysvětlující proměnné: patch a period

Vysvětlovaná proměnná:	Patch		Period	
	P - hodnota	F - hodnota	P - hodnota	F - hodnota
Počet jedinců samotářských včel	<0,001	13,395	0.532	0.394
Počet druhů samotářských včel	<0,001	23,125	0.121	2,459



Obr. 13 Počet jedinců samotářských včel na dětských hřištích a kontrolních plochách za měsíc červenec a srpen



Obr. 14 Počet druhů samotářských včel na dětských hřištích a kontrolních plochách za měsíc červenec a srpen

4.8.4 Vliv jednotlivých environmentálních proměnných dětských hřišť na diverzitu a četnost samotářských včel za měsíc červenec a srpen

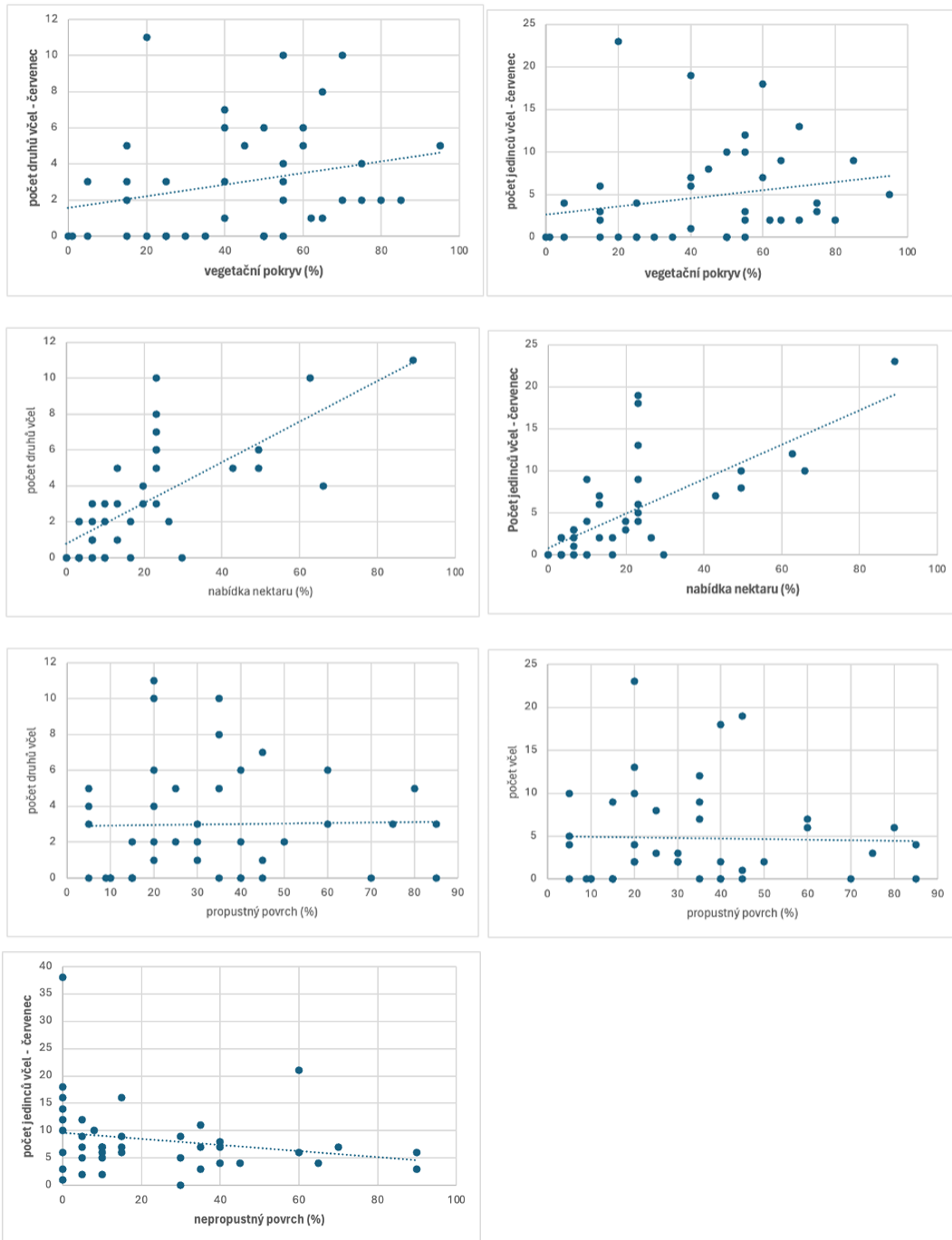
Pro měsíc červenec se počet jedinců i druhů samotářských včel na dětských hřištích statisticky průkazně lišil v závislosti (viz Tab. 9) na podílu ploch s vegetací, ploch bez vegetace, zpevněných ploch a nabídce nektaru. Počet jedinců samotářských včel se oproti druhům samotářských včel statisticky lišil i v závislosti na podílu zpevněné plochy.

Pro měsíc srpen se počet druhů i jedinců samotářských včel na dětských hřištích statisticky průkazně lišil v závislosti na podílu plochy s vegetací. Počet druhů samotářských včel na dětských hřištích se dále statisticky průkazně lišil také v závislosti na nabídce nektaru.

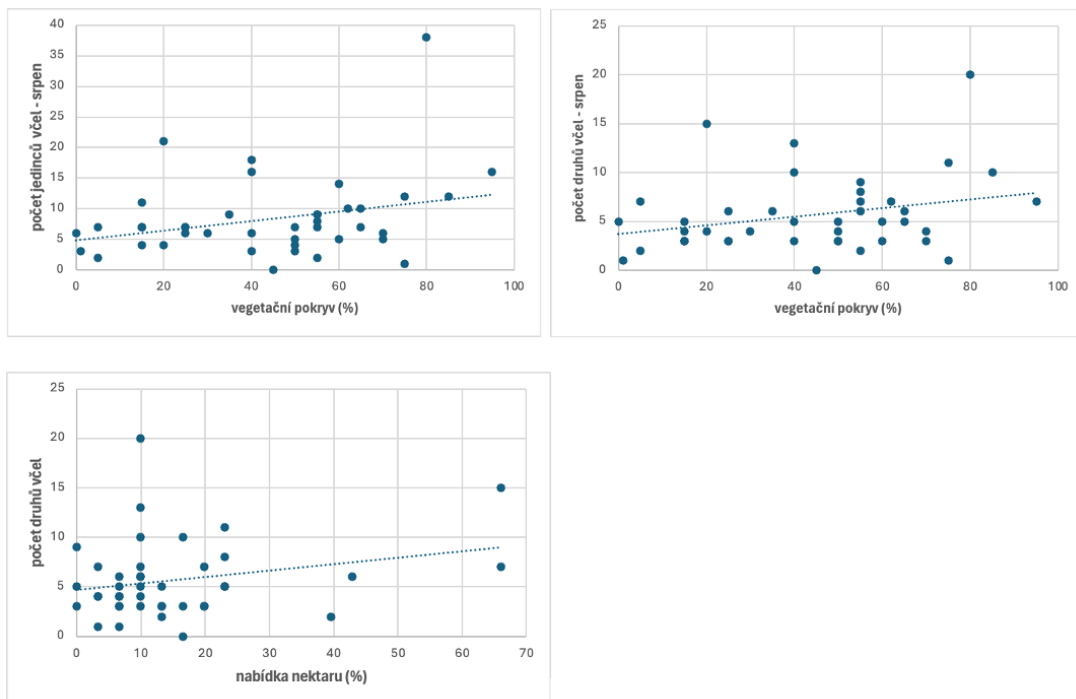
Vysvětlovaná proměnná	Vegetace		Plochy bez vegetace		Zpevněné povrchy		Zastínění		Nabídka nektaru	
	P - hodnota	X ² - hodnota	P - hodnota	X ² - hodnota	P - hodnota	X ² - hodnota	P - hodnota	X ² - hodnota	P - hodnota	X ² - hodnota
GLM 1: Počet jedinců včel červenec	<0,001	249,3	<0,001	125,87	0,016	120,06	0,531	119,67	<0,001	149,01
GLM 2: Počet druhů včel červenec	0,004	131,459	<0,001	61,894	0,131	59,611	0,833	59,57	<0,001	81,455
GLM 3: Počet jedinců včel srpen	<0,001	151,54	0,222	147,12	0,07.	143,98	0,985	143,98	0,08.	23,395
GLM 4: Počet druhů včel	0,004	90,199	0,214	83,824	0,317	82,825	0,754	82,727	0,028	85,364

Tab. 9 Výsledky jednotlivých lineárních modelů pro vysvětlující environmentální proměnné pro měsíc červenec a srpen.

Z vybraných grafů, které zobrazují počet jedinců a druhů samotářských včel je patrná závislost na statisticky významných environmentálních proměnných. Počet jedinců i druhů samotářských včel roste se zvyšující se nabídkou nektaru i vegetace, naopak diverzita i četnost klesá se zvyšujícím se podílem nepropustného povrchu viz Obr. 15. a Obr. 16.



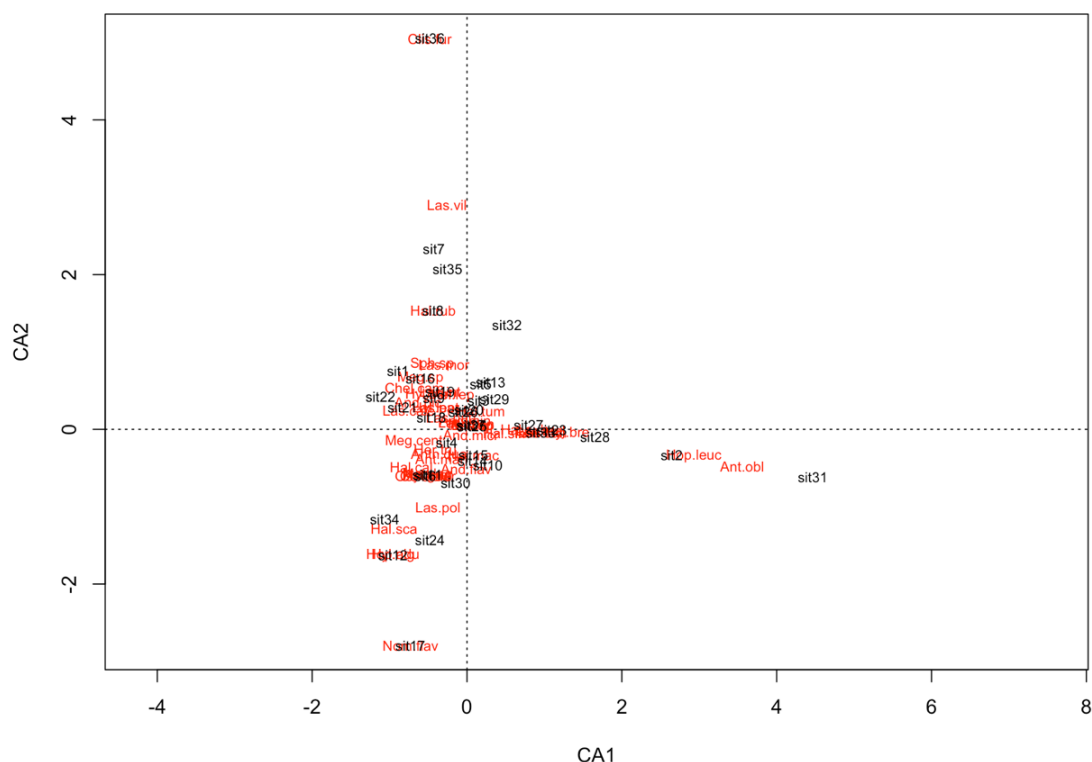
Obr. 15 Grafy zobrazující vliv vybraných signifikantních environmentálních proměnných na diverzitu a četnost samotářských včel v červenci



Obr. 16 Grafy zobrazující vliv vybraných signifikantních environmentálních proměnných na diverzitu a četnost samotářských včel v srpnu

4.8.5 Vliv environmentálních proměnných a druhové složení a podobnost společenstev

Pomocí unimodální nepřímé analýzy (CA) byla znázorněna podobnost jednotlivých dětských hřišť na základě druhového složení samotářských včel. Na ordinačním diagramu (viz obr. 10) můžeme vidět, že lokality vykazují určitý trend rozložení, který je spojen se třemi hlavními směry variability dat. Příkladem jsou lokalita sit2 (Dětské hřiště č.3 – Nad Vinným potokem) a lokalita sit31 (dětské hřiště Pod Kapličkou), které se v grafu na ose X výrazně vychylují. Jedná se o jediná dětská hřiště, na kterých se vyskytovala samotářská včela vlnařka skalní (*Anthidium oblongatum*). Současně se stejným směrem jako lokalita sit31 (dětské hřiště č. 3 Pod Kapličkou) vychyluje také lokalita sit28 (dětské hřiště č. 32 Hostivařský lesopark). Jedná se o jediná dvě dětská hřiště, na kterých se v nejhojnějším počtu vyskytovala samotářská včela zednice jetelová (*Hoplitis leucomelana*). Lokalita sit17 (Dětské hřiště č. 19 Suchdol) byla jedinou lokalitou, na které byla odchycena kleptoparazitická včela nomáda žlutotečná (*Nomada flavoguttata*). Dalšími lokalitami, které se vychylují jsou na ose Y sit12 (dětské hřiště č. 14 Max von der Stoele) a sit34 (dětské hřiště č. 38 Ladronka), pravděpodobně kvůli přítomnosti samotářské včely ploskočelky chrastavcové (*Halictus scabiosae*), která se ještě kromě jednoho dětského hřiště, kde byl odchycen jeden jedinec, vyskytovala pouze na těchto dvou dětských hřištích. Posledními lokalitami, které se vychylovaly byly sit7 (dětské hřiště č. 9 Dolní hřiště zahrada Kinských), sit8 (dětské hřiště č. 10 Seminářská zahrada), sit32 (dětské hřiště č. 32 Na Balkáně), sit35 (dětské hřiště č. 39 Řepy) a sit36 (dětské hřiště č. 40 Prokopské a Dalejské údolí). Tyto lokality se od ostatních liší tím, že se na nich vyskytovala ploskočelka chloupkatá (*Lasioglossum vollosulum*), která nebyla odchycena na žádném jiném hřišti.



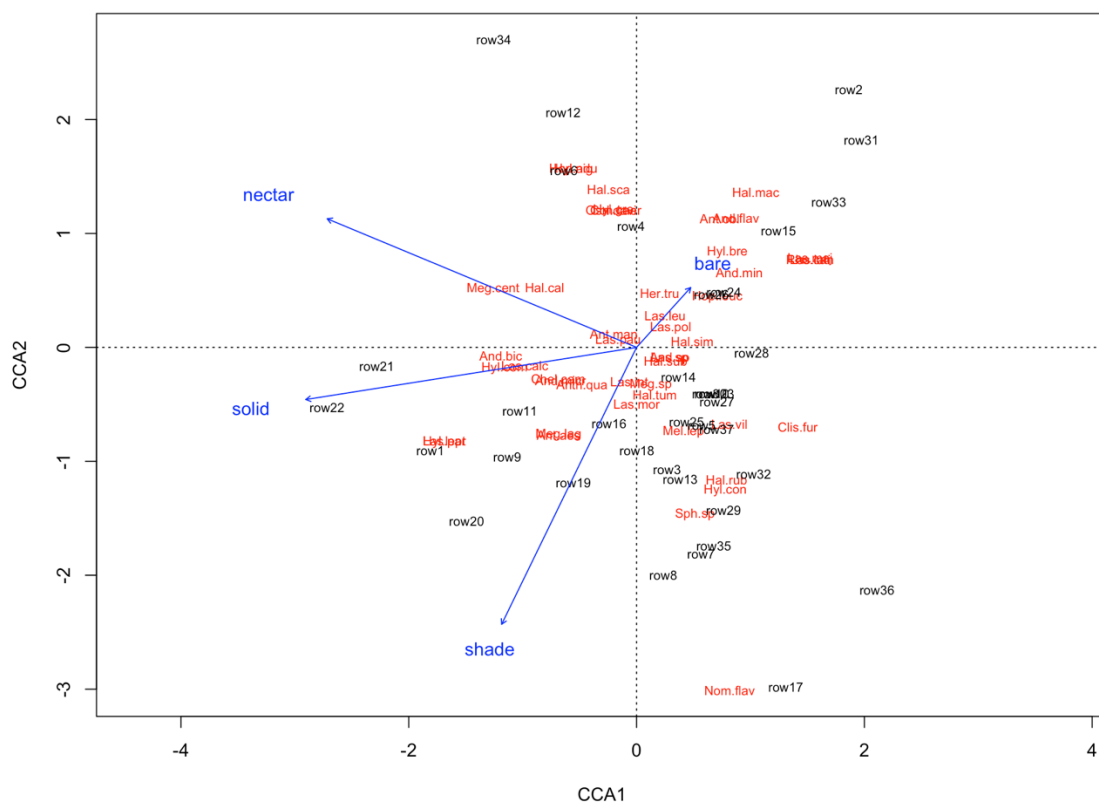
Obr. 17 Ordinační diagram – Podobnost dětských hřišť na základě druhového složení samotářských včel

Dle kanonické korespondenční analýzy (CCA) měly na společenstvo samotářských včel významný vliv nabídka nektaru (nectar), zpevněný povrch (solid) a zastínění (shade) (viz tab. č. 14).

Dle ordinačního diagramu (viz obr. 12) může být u některých druhů samotářských včel preference otevřených a prosvětlených stanovišť s minimem nepropustného povrchu a stínu. Dle diagramu se jedná především o lokality row2 (dětské hřiště č. 3 Nad Vinným potokem), row31 (dětské hřiště č. 35 Za Mlýnem), row33 (dětské hřiště č. 37 Šárka), row15 (dětské hřiště č. 17 Suchdol), row24. Jedná se o dětská hřiště, která byla tvořena maximálně 10 % nepropustného povrchu. Současně se jedná o lokality, které byly zastíněny max do 10 %. Tyto faktory byly pravděpodobně důležité např. pro samotářské včely ploskočelku skvrnitou (*Halictus maculatus*), pískorypku malou (*Andrena minutula*), maskonosku krátkonohou (*Hylaeus brevicornis*), ploskočelkau bělopásou (*Lasioglossum leucozonium*) nebo ploskočelku hladkou (*Lasioglossum politum*).

Z grafu je také patrné, že jsou společenstva samotářských včel pravděpodobně více ovlivněny proměnnými jako je zastínění, zpevněný a nezpevněný povrch oproti

nabídce nektaru. I přesto se zde vyskytovaly druhy samotářských včel, které preferovaly lokality s vysokou nabídkou nektaru. Příkladem jsou samotářské včely *Halictus calceatus* nebo čalounice obecná (*Megachile centuncularis*). Nabídkou nektaru a minimálním zastoupením nepropustného povrchu byla ovlivněna také samotářská včela ploskočelka chrastavcová (*Halictus scabiosae*). Z grafu je patrné, že se vyskytovala na nezpevněných plochách s vyšší nabídkou nektaru.



Obr. 18 Ordinační diagram, který zobrazuje vztahy mezi druhy samotářských včel a jednotlivými environmentálními proměnnými

	df	ChiSquare	F	Pr(>F)
Nectar	1	0.3204	1.7069	0,033 *
Solid	1	0.2767	1.4742	0,043 *
Shade	1	0.2816	1.5006	0,016 *
Bare	1	0.2449	1.3048	0,109
Residual	32	6.0059		
Signif. codes: 0 '***' 0,001 '**' 0,01 '*' 0,05 '.' 0,1 ' ' 1				

Tab. 10 Statisticky signifikantní proměnné, které měly dle analýzy CCA vliv na druhové složení samotářských včel

5. Diskuse

Tato práce představuje první systematický výzkum zaměřený na diverzitu a četnost samotářských včel v urbanizovaném prostředí hl. m. Prahy. Vzhledem k absenci podobných studií poskytuje tato analýza unikátní příležitost k hlubšímu porozumění ekologického významu městských oblastí a jeho vztahu ke společenstvům samotářských včel.

Společenstvo samotářských včel

Během výzkumů bylo odchyceno celkem 72 druhů samotářských včel (viz Tab. 5 Tabulka), které představují cca 14 % taxonů známých pro území České republiky (Macek et al. 2010; Hejda et al. 2017). Tento výsledek je pozoruhodný, vezmeme-li v úvahu, že jsem využila pouze metodu odchyty do sítě a doba sběru trvala 11 dní. Z důvodu nepříznivého počasí byl výzkum z původně plánovaného červnového sběru přesunut na první červencový týden. I přesto, že ve vzorku byly odchyceni někteří jedinci s jarní aktivitou, mohou chybět časně jarní druhy, které by množství druhů vyskytujících se v městských částech Prahy jistě rozšířily. S ohledem na to je plánován další výzkum, který do analýzy zahrne i časně jarní aspekt.

K podobným výsledkům v druhové bohatosti došly také studie z jiných zemí, ve kterých se diverzita samotářských včel pohybovala mezi 15-20 % (Lanner et al. 2020). Je tedy zjevné, že městské oblasti mohou představovat hotspoty výskytu samotářských včel a poskytovat jim zajímavé biotopy.

Na dětských hřištích i kontrolních plochách byla nejzastoupenější čeleď ploskočelkovití (Halictidae). Nejhojněji se vyskytujícím druhem byla ploskočelka obecná (*Halictus tumulorum*) (181 jedinců), která je na území České republiky považována za jednu z nejhojněji se vyskytujících druhů včel. Jedná se o dobře přizpůsobivý polylektický druh, který obývá mnoho různých biotopů (Macek et al. 2010). Druhým nejzastoupenějším druhem byla ploskočelka zlatolesklá (*Halictus subauratus*) (132 jedinců), která podobně jako předešlý druh obývá rozmanité biotopy, nejlépe otevřené a výslunné.

Třetím nejhojněji zastoupeným druhem byla ploskočelka hladká (*Lasioglossum politum*). Jedná se o xerotermofilní druh, který se v České republice vyskytuje lokálně, místy hojně pouze v teplých oblastech a na stepních biotopech (Macek et al. 2010).

Takto hojně zastoupení v městském prostředí je tedy pravděpodobně způsobeno vyššími teplotami, které jsou v městských oblastech běžné. V belgické provincii Hainaut byl tento druh považován za vyhynulý, ale v roce 2023 na základě inventarizačního průzkumu byl znovu objeven. Ve studii je předpokládáno, že se jedná o návrat z důvodu zvyšující se teploty v závislosti na změně klimatu. S ohledem na to mohou být teplejší městské biotopy pro některé druhy včel významné (Fiordaliso et al. 2023).

V městských oblastech byly kromě běžnějších druhů odchyceny také samotářské včely, které jsou uvedeny v červeném seznamu ohrožených druhů České republiky. Jednalo se o čalounici bělonohou (*Megachile lagopoda*) a pelonosku liščí (*Anthophora quadrimaculata*), které jsou řazeny do kategorie EN (ohrožený druh). Dále byla odchycena trnočelka hladká (*Rhopitoides canus*), která je řazena do kategorie VU (zranitelný druh). Dále čalounice vojtěšková (*Megachile pacifica*) a pilorožka vojtěšková (*Melitta leporina*), které jsou řazeny do kategorie NT (blízké ohrožení). (Hejda et al. 2017).

Pelonoska liščí (*Anthophora quadrimaculata*), se vyskytovala v počtu sedmi jedinců na třech dětských hřištích a dvou kontrolních plochách. Jedná se o samotářskou včelu, která obývá převážně výslunné biotopy, skalní výchozy nebo zídky. Zaměřuje se na květy hluchavkovitých a brutnákovitých rostlin, především hadinec (*Echium*), šalvěj (*Salvia*) nebo levanduli (*Levandula*) (Macek et al. 2010). V počtu třech jedinců se tato včela vyskytovala na dětském hřišti č. 13 Okrouhlík. Jednalo se o velmi heterogenní hřiště s množstvím rovných i strmých hlinito-písčitých ploch s vegetací i bez vegetace. Při vchodu na hřiště byl na ploše 4x2m vysazen záhon s hadincem (*Echium*), který je touto včelou velmi preferován. Dalším hřištěm, na kterém se vyskytovala bylo č. 16 Růžák-Hanspaulka, kde byly vysazeny záhony s levandulí (*Levandula*). Posledním hřištěm, na kterém se pelonoska liščí (*Anthophora quadrimaculata*) vyskytovala bylo dětské hřiště č. 21 v Havlíčkových sadech. Jednalo se o velmi specifický biotop, který měl sice pouze 7 % nabídky nektaru, ale vyskytovalo se zde 80 % nezpevněných písčito-hlinitých povrchů bez vegetace. Na okrajích hřiště byly strmější kopce bez vegetace nebo jen řídké porostlé travou. Na kontrolní ploše č. 23 Rajska zahrada byly podobně jako na předešlých hřištích, kde se tento druh vyskytoval vysazeny záhony s různými druhy kvetoucích rostlin, ve kterých byly ve velkém množství zastoupeny šalvěje (*Salvia*) a levandule (*Levandula*). Poslední lokalitou byla kontrolní plocha č.

40 Prokopské a Dalejské údolí, na kterém bylo stejně jako na předešlých lokalitách nad 50 % kvetoucích rostlin.

Na čtyřech z pěti lokalit, kde se vyskytovala pelonoska liščí (*Anthophora quadrimaculata*) byly vysázeny druhy rostlin (hadinec, šalvěj a levandule), které tato včela velmi preferuje před jinými druhy rostlin. S ohledem na to, že tato samotářská včela hnízdí v hlinito-písčitém někdy mírně svažitém substrátu na osluněných biotopech, se v případě dětských hřišť č. 13 Okrouhlík a č. 21 Havlíčkovi sady mohlo jednat o vhodná stanoviště k hnízdění (Macek et al. 2010; Rasmont 2014; Westrich 2019).

Na dětském hřišti č. 13 Okrouhlík, se kromě ohrožené pelonosky liščí (*Anthophora quadrimaculata*) (EN) vyskytovala také čalounice bělonohá (*Megachile lagopoda*) (EN), která se vyskytuje hlavně v teplejších oblastech a hnízdí ve vlastních vyhrabaných nebo již původních chodbách. Z pohledu výskytu těchto dvou ohrožených samotářských včel představovalo dětské hřiště č. 13 Okrouhlík velmi zajímavý biotop.

Na dětských hřištích č. 2, 7, 25, 26 nebyl za celý výzkum odchycen žádný jedinec. Na těchto lokalitách se nevyskytovaly žádné kvetoucí druhy rostlin. Současně se jednalo o lokality s poměrně vysokým zastoupením nepropustného povrchu a vyššího zastínění.

Nejvíce jedinců se vyskytovalo na dětských hřištích 23 a 40. Jednalo se o dětská hřiště, která měla zastoupení nektaru 90 a 50 %.

Na dětských hřištích bylo odchyceno z celkového počtu 72 druhů celkem 47 druhů samotářských včel zastoupených 371 jedinci z celkového počtu 1030 jedinců (viz Tab. 5 Tabulka). Vyšší počet jedinců i druhů samotářských včel na kontrolních plochách mohl být způsoben velmi rozmanitou kvalitou vybraných dětských hřišť. Více než 13 dětských hřišť bylo tvořeno nepropustným povrchem v rozmezí 50 až 90 %, což pravděpodobně způsobilo značný rozdíl, jelikož 38 kontrolních ploch mělo podíl zpevněného povrchu 0 %.

Výsledky práce jednoznačně potvrdily, že městské oblasti poskytují významná stanoviště samotářským včelám, současně tato studie rozšiřuje znalosti tím, že kromě výskytu samotářských včel na travnatých městských plochách, parcích a zahradách

představují velmi významná stanoviště také dětská hřiště, která samotářským včelám poskytují důležité potravní i hnízdní zdroje.

Vliv množství zeleně v okolí dětských hřišť na diverzitu a četnost samotářských včel

Jedním z krajinných faktorů, který může samotářské včely výrazně ovlivnit je gradient urbanizace, v důsledku kterého může v městských oblastech docházet k izolaci jednotlivých zdrojových ploch (Geslin et al. 2016).

Praha je z tohoto pohledu poměrně diverzifikovaná, jelikož její gradient urbanizace směrem od okrajů k centru nestoupá, naopak se díky zastoupení městských zelených ploch různě mění. I přesto je v některých městských částech podíl zelených ploch poměrně nevyrovnaný. Současně dochází ke stálému rozrůstání zástavby na úkor městských zelených ploch, což může vést ke snížení dostupnosti potravních i hnízdních zdrojů (Praha 2008; Fuchs 2021).

Dle výsledků mé práce se četnost i druhová diverzita samotářských včel na dětských hřištích statisticky prokazatelně lišila v závislosti na množství zeleně (m^2) pouze v poloměru 500 m (viz Tab. 8). Jelikož i menší včely mohou mít dolet několik set metrů od hnízda, tak je pro společenstvo včel důležitější množství zeleně v okruhu 500 m než na menší prostorové škále 200 m. Dle grafů (viz obr. č. 12) početnost jedinců i druhů samotářských včel rostla se zvyšujícím se množstvím zeleně (m^2) v okolí dětských hřišť. Drobné městské fragmenty nemusí nabízet dostatek potravních zdrojů v lokálním měřítku, a proto se samotářské včely mohou více vyskytovat na dětských hřištích, kolem kterých je zastoupení zeleně vyšší.

Dle studie (Zurbuchen et al. 2010) se vzdálenost doletu mezi hnízdem a zdrojovou plochou, kterou je daný jedinec schopen uletět velmi liší mezi druhy. Některé druhy létají do vzdálenosti max. 200 m jiné jsou schopny doletět 1-2 i více km. Výzkum ukázal, že malá samotářská včela *Halictus punctatissimus* byla pro potravu schopná doletět až 1100 m a středně velká včela dřevobytky větší (*chelostoma rapunculi*) až 1275 m. Tato doletová vzdálenost se ale týkala pouze 50 % pozorovaných samic. Ostatní samice těchto druhů létaly do maximálních vzdáleností 200 až 500 m. (Zurbuchen et al. 2010).

Tyto výsledky naznačují, že blízkost potravních a zdrojových ploch v okruhu několika set metrů je pro udržení populací samotářských včel v městských oblastech zásadním faktorem, jelikož podíl jedinců samotářských včel, kteří úspěšně dosáhnou vzdálených zdrojů je v mnoha případech relativně nízký (Pasquet et al. 2008). Pro zmírnění gradientu zastavěných ploch je tedy zásadní dostupnost heterogenních plošek, které zprostředkují dostatek potravních i hnízdních zdrojů, a to i přes to, že se bude jednat o malé fragmentované plochy (Zurbuchen et al. 2010; Brancher et al. 2023).

Vliv jednotlivých environmentálních proměnných dětských hřišť na diverzitu a četnost samotářských včel dle modelů (GLMM)

Plochy s vegetací

Výsledky analýz (viz tab. 11) ukázaly, že plochy s vegetací mají signifikantní vliv na četnost i diverzitu samotářských včel v červenci i srpnu. Dle garfů (viz Obr. 15 a Obr. 16) s rostoucím podílem vegetace roste také početnost a druhová diverzita samotářských včel.

Dle výzkumů preferuje mnoho druhů samotářských včel obnažené půdy s minimem vegetace, i přesto jsou důležité také plochy s vegetací. Příkladem je pískorypka popelavá (*Andrena cineraria*) a pískorypka ryšavá (*Andrena fulva*), které preferují travnaté plochy, které mohou být také intenzivně obhospodařovány sečením. Tyto druhy tak zvládají i silnější antropogenní rušení, které je na dětských hřištích běžné (Maher et al. 2019). Dětská hřiště jsou typická vyšším sešlapem a z tohoto důvodu jsou plochy vegetace v mnoha případech rozrušené a představují spíše řídké porostlé plochy. Na základě toho se může jednat o vhodná stanoviště i pro druhy samotářských včel, které preferují spíše obnažené nebo řídké porostlé plochy.

Plochy bez vegetace

Důležitým faktorem, který může ovlivnit úspěšnost hnízdění jednotlivých druhů samotářských včel na dětských hřištích je množství vegetace (Potts et al. 2005). Mnoho druhů samotářských včel upřednostňuje holé plochy bez vegetace, případně plochy řídké porostlé vegetací. Dle výzkumu provedeném v Německu bylo na půdách bez vegetace nalezeno 785 hnízd oproti kontrolním plochám s vegetací, na kterých bylo nalezeno pouze 61 hnízd. Obnažená půda je tedy důležitým stanovištním faktorem, který preferuje mnoho druhů samotářských včel (Gardein et al. 2022). Některé druhy rodu ploskočalka (*Halictus* a *Lasioglossum*) dávají přednost obnažené půdě s kamínky na povrchu, které hrají jednak důležitou roli jako vizuální znaky pro nalezení hnízda, ale také zahřívají půdu (Sakagami & Hayashida 1961; Brünnert et al. 1994).

Dle výsledků analýz (viz tab. 11) byl statisticky významný vliv nepropustných ploch bez vegetace na diverzitu i četnost samotářských včel, ale pouze v červenci. Z grafů (viz Obr. 15 Obr. 16) není patrný výrazný nárůst nebo pokles diverzity nebo četnosti samotářských včel v závislosti na plochách bez vegetace. V grafech je patrné rozptýlení druhů i jedinců, z nichž pravděpodobně část preferuje plochy bez vegetace a část z nich není na těchto plochách vůbec závislá. Z tohoto důvodu může docházet ke zkreslení grafů.

Zpevněný povrch

Některá dětská hřiště jsou typická zastoupením nepropustných povrchů. I přesto, že se jedná o primárně krajinný faktor, který samotářské včely ovlivňuje spíše z hlediska fragmentace, izolace a vzdálenosti jednotlivých zdrojových ploch, se jedná také o důležitý místní faktor, který snižuje množství potravních i hnízdních zdrojů a zároveň přispívá k růstu teploty daných stanovišť. Několik studií se zabývalo vlivem rostoucí míry nepropustných povrchů, a i přes rozdílné klasifikační metody dospělo mnoho z nich k závěru, že celková diverzita samotářských včel s rostoucím zastoupením nepropustného povrchu klesá (Fortel et al. 2014; Birdshire et al. 2020; Brancher et al. 2023), přičemž samotářské včely, které hnízdí nad zemí mohou být ovlivněny o něco méně než včely, které hnízdí primárně v zemi. (Banaszak-Cibicka & Żmihorski 2012; Wilson & Jamieson 2019).

Dle grafu (viz obr. Obr. 15 a Obr. 16) se diverzita i četnost samotářských včel s rostoucí mírou nepropustného povrchu snižuje. Dle studií ale záleží na dostatečném množství heterogenních ploch, které mohou negativní vliv nepropustných povrchů zmírnit (Brancher et al. 2023).

Nabídka nektaru

Výskyt samotářských včel na dětských hřištích závisí vedle hnízdních zdrojů také na dostupnosti a blízkosti kvetoucích druhů rostlin. Na základě některých výzkumů samotářské včely hnízdí přednostně v oblastech s vysokou hustotou květnatých zdrojů, přičemž s přírůstkem kvetoucích druhů rostlin roste také diverzita a četnost samotářských včel (Wilson & Jamieson 2019).

Potvrdily to také výsledky mé práce, které ukázaly statisticky významný vliv nabídky nektaru na druhovou diverzitu i početnost samotářských včel (Tab. 9). Dle grafů (viz obr. Obr. 15 a Obr. 16) se diverzita i početnost samotářských včel na dětských hřištích zvyšuje s rostoucí nabídkou nektaru.

Důležitou roli hraje také původ kvetoucích rostlin. Některé polylektické druhy samotářských včel se dokáží poměrně dobře přizpůsobit různým druhům kvetoucích rostlin, které jsou zrovna dostupné. S ohledem na to jsou pro ně velmi vhodné vysazované záhony s exotickými druhy rostlin, což potvrzuje i mnoho dalších studií (Hinners & Hjelmroos-Koski 2009; Matteson & Langellotto 2011; Martins et al. 2017; Frankie et al. 2019). Existuje ale mnoho oligolektických a monolektických druhů samotářských včel, které jsou specializované na konkrétní druhy rostlin, bez kterých se na dětských hřištích a v městských oblastech obecně nemohou vyskytovat. Potvrzuje to také výzkum (Brancher et al. 2023) provedený v Brazílii, dle kterého diverzita specializovaných druhů samotářských včel v městských oblastech rostla s nárůstem podílu původních druhů kvetoucích rostlin.

V mém výzkumu to potvrdila např. samotářská včela pelonoska liščí (*Anthophora quadrimaculata*). I přes to, že se jedná o polylektický druh se tato včela vyskytovala pouze na pěti lokalitách, kde se prokazatelně vyskytovaly druhy rostlin (*Salvia*, *Echium*, *Levandula*), které jsou touto samotářskou včelou preferovány před jinými (Macek et al. 2010).

Vliv environmentálních proměnných na druhové složení a podobnost společenstev

Dle ordinačního diagramu (Obr. 18) je patrné, že některé druhy samotářských včel preferují otevřená prosvětlená stanoviště s minimem nepropustného povrchu a stínu.

Na ordinačním diagramu (Obr. 18) jsou z pohledu těchto faktorů specifické lokality row2 (dětské hřiště č. 3 Nad Vinným potokem), row31 (dětské hřiště č. 35 Za Mlýnem), row33 (dětské hřiště č. 37 Šárka) a row15 (dětské hřiště č. 17 Suchdol). Jednalo se o lokality, které byly minimálně zastíněny (max. do 10 %), současně se zde nevyskytoval téměř žádný nepropustný povrch. Mezi vegetací, která na těchto plochách převažovala se vyskytovaly také holé písčito-hlinité plochy 30 až 60 %.

Nejvíce ovlivněným druhem těmito faktory (zastínění, zastavěné plochy, nepropustný povrch) byla dle diagramu samotářská včela ploskočelka skvrnitá (*Halictus maculatus*). Tento druh preferuje různé zahrady, náspy, louky, ale především prosluněné otevřené biotopy s obnaženými plochami bez vegetace (Macek et al. 2010).

Dalšími druhy, které byly ovlivněny těmito faktory a vyskytovaly se na výše zmíněných lokalitách byly samotářské včely pískorypka malá (*Andrena minutula*), maskonoska krátkonohá (*Hylaeus brevicornis*), ploskočelka bělopásá (*Lasioglossum leucozonium*) nebo ploskočelka hladká (*Lasioglossum politum*).

Jedná se o druhy, které preferují osluněné biotopy s obnaženými nebo řídké porostlými písčítými nebo hlinitými substráty (Macek et al. 2010).

Samotářské včely *Halictus calceatus* a čalounice obecná (*Megachile centuncularis*) byly prokazatelně ovlivněny množstvím nektaru. Tyto samotářské včely se vyskytovaly společně na lokalitách s vysokou nabídkou nektaru.

Podobným způsobem byla ovlivněna také samotářská včela ploskočelka chrastavcová (*Halictus scabiosae*) u které je v ordinačním grafu patrné, že je ovlivněna nejen otevřenými stanovišti s minimem zastínění, ale také nabídkou nektaru. Jedná se o xerotermofilní druh, který se vyskytoval na lokalitách s vysokou nabídkou nektaru, vyšším zastoupením propustných ploch a nízkým zastíněním.

I přesto jsou dle ordinačního diagramu druhy samotářských včel pravděpodobně více ovlivněny hnízdními faktory (nepropustné, propustné plochy a zastínění) oproti nektaru, který mohou shánět do určitých vzdáleností z různých ploch.

6. Závěr

Ochrana samotářských včel v městském prostředí představuje novou výzvu pro městské správy, ochranáře a veřejnost po celém světě. Na základě provedených studií bylo potvrzeno, že městské oblasti hrají významnou roli v podpoře nejen samotářských včel, ale i dalších volně žijící opylovačů, zejména pokud města obsahují množství ploch s hnízdními a potravními zdroji. Pro efektivní podporu samotářských včel je nezbytné porozumět specifickým potřebám jednotlivých druhů a zmapovat jejich výskyt v městském prostředí.

Tato diplomová práce se zaměřila na průzkum potenciálu dětských hřišť pro podporu samotářských včel. Jedná se o první systematický výzkum zaměřený na diverzitu a četnost samotářských včel v urbanizovaném prostředí hl. m. Prahy. Vzhledem k absenci podobných studií poskytuje tato analýza příležitost k hlubšímu porozumění ekologického významu městských oblastí a jeho vztahu ke společenstvům samotářských včel.

V průběhu výzkumů bylo na dětských hřištích z celkového počtu 72 druhů (14 % taxonů České republiky) odchyceno 47 druhů samotářských včel zastoupených 371 jedinci z celkového počtu 1030 jedinců. Tento rozdíl mezi kontrolními plochami a dětskými hřišti byl pravděpodobně způsoben tím, že kontrolní plochy měly až na tři lokality podíl nepropustného povrchu 0 % oproti 16 dětským hřištím, jejichž podíl nepropustného povrchu se pohyboval od 40 do 90 %.

Druhovú diverzitu i početnost včel byla dle výsledků analýz v krajinném měřítku signifikantně ovlivněna množstvím zeleně v okolí dětských hřišť (poloměr 500 m). V místním měřítku byla diverzita a četnost včel v závislosti na měsíci červenci a srpnu ovlivněna podílem nepropustných povrchů, nabídkou nektaru, zastíněním, ale také množstvím ploch s vegetací a bez vegetace. Druhové složení a podobnost společenstev bylo signifikantně ovlivněno zastíněním, množstvím nepropustného povrchu a nabídkou nektaru.

Výsledky práce jednoznačně potvrdily, že městské oblasti poskytují významná stanoviště samotářským včelám, současně tato studie rozšiřuje znalosti tím, že kromě travnatých městských ploch, parků a zahrad představují významná stanoviště také dětská hřiště, která samotářským včelám poskytují důležité potravní i hnízdní zdroje.

Některá dětská hřiště se svou kvalitou velmi lišila, což se odrazilo také na množství a druhovém složení odchycených jedinců. Z tohoto důvodu by bylo vhodné provést různá managementová opatření, která by diverzitu i četnost včel na dětských hřištích podpořila. Základem je dostatek ploch k hnízdění. Městské oblasti se zaměřují na výstavbu hmyzích hotelů, ale často se zapomíná na to, že až 80 % samotářských včel hnízdí v zemi. Dětská hřiště jsou mnohdy využívána pouze ve svém středu, ale okraje nejsou plně využity. Na základě toho by se daly v těchto okrajových místech vytvořit hnízdiště tvořená množstvím různých rovných i mírně svažitých ploch z rozmanitých substrátů, které by včely hnízdící v zemi podpořily. Součástí dětských hřišť by měly být křoviny, mrtvé dřevo a další nadzemní materiály včetně hmyzích domečků, které poskytují také mnoho příležitostí k hnízdění pro samotářské včely hnízdící nad zemí. Vedle hnízdních zdrojů je důležitá dostatečná potravní nabídka. Na dětských hřištích, ale i v městských oblastech by kromě okrasných záhonů měly být vysazovány především původních druhů kvetoucích rostlin pro Českou republiku, které pro mnoho specializovaných oligolektických a monolektických druhů představují jediný zdroj potravy.

Změna dětských hřišť a opatření pro diverzitu a četnost nejen samotářských včel by mohla být spojena s rozvojem pozorovacích dovedností a zvědavostí dětí v přírodě, které by mohly poznávat důležitost biodiverzity, ekosystémů a ochrany přírody přímo na dětských hřištích. Interakce mezi hnízdními hotely a plochami k hnízdění by umožnila lepší pochopení důležitosti samotářských včel a opylovačů, včetně porozumění jejich životních cyklů. Současně by mohlo dojít ke změně pohledu na nebezpečnost včel. Mnoho lidí má včely zafixované jako nebezpečné jedince, kteří by se neměly vyskytovat v blízkosti dětí. Samotářské včely jsou přitom velmi mírumilovné bytosti, které nevyhledávají konflikt a jsou proto v blízkosti lidí velmi bezpečné.

Na dětských hřištích by mohly probíhat také projekty Citizen science, ve kterých by rodiče i děti mohly fotit v rámci aplikace Inaturalist jedince vyskytující se na dětských hřištích, čímž by se samotářské včely dostaly do obecného povědomí a zároveň by takový projekt přispíval k datovým sadám, které budou s ohledem na plánované opatření pro podporu opylovačů velmi potřebné.

Diverzita i četnost samotářských včel byla na dětských hřištích i přes mnoho negativních faktorů velmi vysoká, nalezeno bylo i 5 druhů samotářských včel, které jsou uvedeny na Červeném seznamu ohrožených druhů České republiky. Pokud by byly negativní faktory dětských hřišť kompenzovány vhodnými managementovými opatřeními, přispělo by se tím k udržitelnému rozvoji měst a obnově biologické rozmanitosti.

7. Literatura

- Almeida EAB. 2008. Colletidae nesting biology (Hymenoptera: Apoidea)*. *Apidologie* **39**:16–29. Available from www.apidologie.org (accessed February 29, 2024).
- AOPK ČR, 2024. Prospective program (online) [cit.2024.02.14] dostupné z: <https://www.nature.cz/life-prospective>
- Ayers AC, Rehan SM, Koch JB, McCabe LM. 2021. Supporting Bees in Cities: How Bees Are Influenced by Local and Landscape Features. *Insects* **12**:128–146. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. Available from <https://www.mdpi.com/2075-4450/12/2/128/htm> (accessed March 16, 2024).
- Bagot KL, Allen FCL, Toukhsati S. 2015. Perceived restorativeness of children's school playground environments: Nature, playground features and play period experiences. *Journal of Environmental Psychology* **41**:1–9. Academic Press.
- Baldock KC. 2020. Opportunities and threats for pollinator conservation in global towns and cities. *Current Opinion in Insect Science* **38**:63–71. Elsevier Inc. Available from <https://doi.org/10.1016/j.cois.2020.01.006> (accessed February 14, 2022).
- Baldock KCR et al. 2019. A systems approach reveals urban pollinator hotspots and conservation opportunities. *Nature Ecology & Evolution* 2019 3:3 **3**:363–373. Nature Publishing Group. Available from <https://www.nature.com/articles/s41559-018-0769-y> (accessed March 16, 2024).
- Banaszak J, Romasenko L. 1998. Megachilid bees of Europe (Hymenoptera, Apoidea, Megachilidae). Pedagogical University of Bydgoszcz.
- Banaszak-Cibicka W, Twerd L, Fliszkiewicz M, Giejdasz K, Langowska A. 2018. City parks vs. natural areas - is it possible to preserve a natural level of bee richness and abundance in a city park? *Urban Ecosystems* **21**:599–613. Springer New York LLC. Available from <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-018-0756-8> (accessed March 16, 2024).
- Banaszak-Cibicka W, Żmihorski M. 2012. Wild bees along an urban gradient: Winners and losers. *Journal of Insect Conservation* **16**:331–343. Kluwer Academic Publishers. Available from <https://link.springer.com/article/10.1007/s10841-011-9419-2> (accessed March 16, 2024).

- Bates AJ, Sadler JP, Fairbrass AJ, Falk SJ, Hale JD, Matthews TJ. 2011. Changing Bee and Hoverfly Pollinator Assemblages along an Urban-Rural Gradient. *PLOS ONE* **6**:e23459. Public Library of Science. Available from <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0023459> (accessed March 15, 2024).
- Batra SWT. 1978. Aggression, Territoriality, Mating and Nest Aggression of Some Solitary Bees (Hymenoptera: Halictidae, Megachilidae, Colletidae, Anthophoridae). *Journal of the Kansas Entomological Society* **51**:547–559. Available from https://digitalcommons.usu.edu/bee_lab_ba/87 (accessed March 10, 2024).
- Benites WA, Lima JC dos S, Gonçalves CR, Oliveira FF de, Júnior VVA. 2023. Urban parks as a functional area for the maintenance and diversity of bee populations. *CONTRIBUCIONES A LAS CIENCIAS SOCIALES* **16**:20292–20310. South Florida Publishing LLC. Available from <https://ojs.revistacontribuciones.com/ojs/index.php/clcs/article/view/1849> (accessed March 21, 2024).
- Birdshire KR, Carper AL, Briles CE. 2020. Bee community response to local and landscape factors along an urban-rural gradient. *Urban Ecosystems* **23**:689–702. Springer. Available from <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-020-00956-w> (accessed March 16, 2024).
- Bloom EH, Crowder DW. 2020. Promoting data collection in pollinator citizen science projects. *Citizen Science: Theory and Practice* **5**. Ubiquity Press. Available from <http://theoryandpractice.citizenscienceassociation.org/articles/10.5334/cstp.217/> (accessed March 28, 2022).
- BNV Consulting. 2010. Koncepce péče o zeleň v hlavním městě Praze. *Business in the Name of Value*:4–49.
- Bogusch P. 2019. Domečky pro včely a užitečný hmyz. Grada.
- Bogusch P, Heneberg P, Astapenková A. 2020. Habitat requirements of wetland bees and wasps: several reed-associated species still rely on peaty meadows and other increasingly rare wetland habitats. *Wetlands Ecology and Management* **28**:921–936. Springer Science and Business Media B.V.

- Bogusch P, Straka J. 2014. Review and identification of the cuckoo bees of central Europe (Hymenoptera: Halictidae: Sphecodes) DOI: 10.11646/zootaxa.3311.1.1. Available from www.mapress.com/zootaxa/ (accessed March 9, 2024).
- Bossert S et al. 2022. Phylogeny, biogeography and diversification of the mining bee family Andrenidae. *Systematic Entomology* **47**:283–302. John Wiley & Sons, Ltd. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/syen.12530> (accessed March 10, 2024).
- Botanická zahrada. 2022. Mizející biotopy Česka. Botanická zahrada, Praha.
- Brancher KPT, Graf LV, Heringer G, Zenni RD. 2023. Urbanization and abundance of floral resources affect bee communities in medium-sized neotropical cities. *Austral Ecology* **49**:e13299. John Wiley & Sons, Ltd. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/aec.13299> (accessed March 15, 2024).
- Brown MJF, Paxton RJ. 2009. The conservation of bees: a global perspective. *Apidologie* **40**:410–416. EDP Sciences. Available from <http://dx.doi.org/10.1051/apido/2009019> (accessed March 15, 2024).
- Brünnert U, Kelber A, Zeil J. 1994. Ground-nesting bees determine the location of their nest relative to a landmark by other than angular size cues. *Journal of Comparative Physiology A* **175**:363–369. Springer-Verlag. Available from <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00192995> (accessed March 18, 2024).
- Buchholz S, Gathof AK, Grossmann AJ, Kowarik I, Fischer LK. 2020. Wild bees in urban grasslands: Urbanisation, functional diversity and species traits. *Landscape and Urban Planning* **196**:103731. Elsevier.
- Buckley K, Nalen CZ, Ellis J, Mallinger RE. 2011. Sweat Bees, Halictid Bees, Halictidae (Insecta: Hymenoptera: Halictidae). EDIS **2011**:1–4. University of Florida George A Smathers Libraries.
- Bulut Z, Yilmaz S. 2008. Permaculture playgrounds as a New Design Approach for Sustainable Society. *International Journal of Natural and Engineering Sciences* **1**:35–40.
- Cane JH. 1981. Dufour's gland secretion in the cell linings of bees (Hymenoptera: Apoidea). *Journal of Chemical Ecology* **7**:403–410. Kluwer Academic Publishers-Plenum Publishers. Available from <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00995762> (accessed February 29, 2024).

- Cane JH. 1991a. Soils of Ground-Nesting Bees (Hymenoptera: Apoidea): Texture, Moisture, Cell Depth and Climate. *Journal of the Kansas Entomological Society* **64**:406–414.
- Cane JH. 2001. Habitat Fragmentation and Native Bees: a Premature Verdict? *Conservation Ecology* **5**:1–7.
- Cane JH. 2015. Landscaping pebbles attract nesting by the native ground-nesting bee *Halictus rubicundus* (Hymenoptera: Halictidae). *Apidologie* **46**:728–734. Springer-Verlag France. Available from <https://link.springer.com/article/10.1007/s13592-015-0364-z> (accessed February 29, 2024).
- Cane JH. 2021. A brief review of monolecty in bees and benefits of a broadened definition. *Apidologie* **52**:17–22. Springer-Verlag Italia s.r.l. Available from <https://link.springer.com/article/10.1007/s13592-020-00785-y> (accessed March 13, 2024).
- Cane JH, Grisswold T, Parker FD. 2007. Substrates and Materials Used for Nesting by North American *Osmia* Bees (Hymenoptera: Apiformes: Megachilidae). *Annals of the Entomological Society of America* **100**:350–358. Available from <https://academic.oup.com/aesa/article-abstract/100/3/350/8333?login=true#no-access-message> (accessed February 29, 2024).
- Cane JH, Minckley RL, Kervin LJ, Roulston TH, Williams NM. 2006. Complex responses within a desert bee guild (Hymenoptera: Apiformes) to urban habitat fragmentation. *Ecological Applications* **16**:632–644.
- Cane JH, Neff JL. 2011. Predicted fates of ground-nesting bees in soil heated by wildfire: Thermal tolerances of life stages and a survey of nesting depths. *Biological Conservation* **144**:2631–2636. Available from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0006320711002825> (accessed February 28, 2024).
- Cane JH, Sipes S. 2006. Characterizing floral specialization by bees: analytical methods and a revised lexicon for oligolecty. In: Waser NM, Ollerton J (eds) *Plant-pollinator interactions: from specialization to generalization*. University of Chicago Press, Chicago.
- Cardinal S, Straka J, Danforth BN. 2010. Comprehensive phylogeny of apid bees reveals the evolutionary origins and antiquity of cleptoparasitism. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **107**:16207–16211. National

Academy of Sciences. Available from <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.1006299107> (accessed March 11, 2024).

Cardoso MC, Gonçalves RB. 2018. Reduction by half: the impact on bees of 34 years of urbanization. *Urban Ecosystems* **21**:943–949. Springer New York LLC. Available from <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-018-0773-7> (accessed March 16, 2024).

Celary W. 2001. Biology of the Solitary Ground-nesting Bee *Melitta leporina* (Hymenoptera: Apoidea: Melittidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* **2**:136–145.

Chrobock T, Winiger P, Fischer M, van Kleunen M. 2013. The cobblers stick to their lasts: Pollinators prefer native over alien plant species in a multi-species experiment. *Biological Invasions* **15**:2577–2588. Springer. Available from <https://link.springer.com/article/10.1007/s10530-013-0474-3> (accessed March 19, 2024).

Chui SX, Keller A, Leonhardt SD. 2022. Functional resin use in solitary bees. *Ecological Entomology* **47**:115–136. John Wiley & Sons, Ltd. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/een.13103> (accessed March 13, 2024).

Cloutier S, Mendes P, Cimon-Morin J, Pellerin S, Fournier V, Poulin M. 2024. Assessing the contribution of lawns and semi-natural meadows to bee, wasp, and flower fly communities across different landscapes. *Urban Ecosystems*:1–18. Springer. Available from <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-024-01516-2> (accessed March 24, 2024).

Cook EM, Hall SJ, Larson KL, Cook EM, Hall SJ, Larson KL. 2011. Residential landscapes as social-ecological systems: a synthesis of multi-scalar interactions between people and their home environment. *Urban Ecosystems* 2011 15:1 **15**:19–52. Springer. Available from <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-011-0197-0> (accessed March 21, 2024).

Da Rocha-Filho LC, Ferreira-Caliman MJ, Garófalo CA, Augusto SC. 2018. A Specialist in an Urban Area: Are Cities Suitable to Harbour Populations of the Oligolectic Bee *Centris (Melacentris) collaris* (Apidae: Centridini)? <https://doi.org/10.5735/086.055.0101> **55**:135–149. Finnish Zoological and Botanical Publishing Board. Available from <https://bioone.org/journals/annales-zoologici-fennici/volume-55/issue->

1%e2%80%933/086.055.0101/A-Specialist-in-an-Urban-Area--Are-Cities-Suitable/10.5735/086.055.0101.full (accessed March 16, 2024).

- Danforth BN, Eardley C, Packer L, Walker K, Pauly A, Randrianambinintsoa FJ. 2008. Phylogeny of Halictidae with an emphasis on endemic African Halictinae. *Apidologie* **39**:86–101. EDP Sciences. Available from <http://dx.doi.org/10.1051/apido:2008002> (accessed March 10, 2024).
- Dathe HH. 1980. Die Arten der Gattung *Hylaeus* F. in Europa (Hymenoptera: Apoidea, Colletidae). *Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum in Berlin* **56**:207–294. Available from <http://publikationen.ub.uni-frankfurt.de/frontdoor/index/index/docId/13650> (accessed March 27, 2024).
- Deguines N, Julliard R, de Flores M, Fontaine C. 2016. Functional homogenization of flower visitor communities with urbanization. *Ecology and Evolution* **6**:1967–1976. John Wiley & Sons, Ltd. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ece3.2009> (accessed March 16, 2024).
- Domroese MC, Johnson EA. 2017. Why watch bees? Motivations of citizen science volunteers in the Great Pollinator Project. *Biological Conservation* **208**:40–47. Elsevier.
- Dylewski Ł, Maćkowiak Ł, Banaszak-Cibicka W. 2019. Are all urban green spaces a favourable habitat for pollinator communities? Bees, butterflies and hoverflies in different urban green areas. *Ecological Entomology* **44**:678–689. John Wiley & Sons, Ltd. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/een.12744> (accessed March 15, 2024).
- Edmondson JL, Davies ZG, McCormack SA, Gaston KJ, Leake JR. 2011. Are soils in urban ecosystems compacted? A citywide analysis. *Biology Letters* **7**:771–774. The Royal Society. Available from <https://royalsocietypublishing.org/doi/10.1098/rsbl.2011.0260> (accessed March 18, 2024).
- Edmondson JL, Stott I, Davies ZG, Gaston KJ, Leake JR. 2016. Soil surface temperatures reveal moderation of the urban heat island effect by trees and shrubs. *Scientific Reports* **6**:1–8. Nature Publishing Group. Available from <https://www.nature.com/articles/srep33708> (accessed March 19, 2024).
- Eickwort GC. 1975. Gregarious Nesting of the Mason Bee *Hoplitis anthocopoides* and the Evolution of Parasitism and Sociality Among Megachilid Bees. *Evolution* **29**:150. Oxford University Press (OUP).

- El Abdouni I, Lhomme P, Hamroud L, Wood T, Christmann S, Rasmont P, Michez D. 2021. Comparative ecology of two specialist bees: *Dasypoda visnaga* Rossi, 1790 and *Dasypoda maura* Pérez, 1895 (Hymenoptera, Melittidae). *Journal of Hymenoptera Research* **81**:109–126. Pensoft Publishers.
- Everaars J, Strohbach MW, Gruber B, Dormann CF. 2011. Microsite conditions dominate habitat selection of the red mason bee (*Osmia bicornis*, Hymenoptera: Megachilidae) in an urban environment: A case study from Leipzig, Germany. *Landscape and Urban Planning* **103**:15–23. Elsevier.
- Evropská komise. 2018. Sdělení komise evropskému parlamentu, radě, evropskému hospodářskému a sociálnímu výboru a výboru regionů Iniciativa EU týkající se opylovačů.
- Evropská unie. 2023. EESC-2023-01362-AS, Revize Iniciativy EU týkající se opylovačů Nová dohoda pro opylovače. Publications Office of the European. Publications Office of the European Union. Available from <https://op.europa.eu/cs/publication-detail/-/publication/ebc56419-1b41-11ee-806b-01aa75ed71a1/language-cs> (accessed March 28, 2024).
- Fiordaliso W, Reverté S, Wood T, Barbier Y, Rasmont P, Lefèbvre A, Loockx M, Reese A, Ruelle E, Michez D. 2023. Inventory and conservation of wild bees (Hymenoptera: Anthophila) in the Hainuyer industrial furrow (Belgium). *Belgian Journal of Entomology* **132**:1–64.
- Fischer LK, Eichfeld J, Kowarik I, Buchholz S. 2016. Disentangling urban habitat and matrix effects on wild bee species. *PeerJ* **2016**:e2729. PeerJ Inc. Available from <https://peerj.com/articles/2729> (accessed March 27, 2024).
- Fortel L, Henry M, Guilbaud L, Guirao AL, Kuhlmann M, Mouret H, Rollin O, Vaissière BE. 2014. Decreasing Abundance, Increasing Diversity and Changing Structure of the Wild Bee Community (Hymenoptera: Anthophila) along an Urbanization Gradient. *PLOS ONE* **9**:e104679. Public Library of Science. Available from <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0104679> (accessed March 16, 2024).
- Frankie G, Pawelek J, Chase MH, Jadallah CC, Feng I, Rizzardi M, Thorp R. 2019. Native and non-native plants attract diverse bees to urban gardens in California. *Journal of Pollination Ecology* **25**:16–23. Enviroquest Ltd. Available from

<https://pollinationecology.org/index.php/jpe/article/view/505> (accessed March 19, 2024).

Fuchs P. 2021. Zelená Praha. Jak se v hlavním městě daří přírodě?

Fukase J, Simons AM. 2016. INCREASED POLLINATOR ACTIVITY IN URBAN GARDENS WITH MORE NATIVE FLORA. *APPLIED ECOLOGY AND ENVIRONMENTAL RESEARCH* **14**:297–310. Available from http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1401_297310 (accessed March 19, 2024).

Gardein H, Fabian Y, Westphal C, Tschardt T, Hass A. 2022. Ground-nesting bees prefer bare ground areas on calcareous grasslands. *Global Ecology and Conservation* **39**:e02289. Elsevier.

Geldmann J, González-Varo JP. 2018. Conserving honey bees does not help wildlife: High densities of managed honey bees can harm populations of wild pollinators. *Science* **359**:392–393. American Association for the Advancement of Science. Available from <https://www.science.org/doi/10.1126/science.aar2269> (accessed March 28, 2024).

Geppert C, Cappellari A, Corcos D, Caruso V, Cerretti P, Mei M, Marini L. 2023. Temperature and not landscape composition shapes wild bee communities in an urban environment. *Insect Conservation and Diversity* **16**:65–76. John Wiley & Sons, Ltd. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/icad.12602> (accessed March 19, 2024).

Geslin B, Gauzens B, Baude M, Dajoz I, Fontaine C, Henry M, Ropars L, Rollin O, Thébaud E, Vereecken NJ. 2017. Massively Introduced Managed Species and Their Consequences for Plant–Pollinator Interactions. *Advances in Ecological Research* **57**:147–199. Academic Press.

Geslin B, Le Féon V, Folschweiller M, Flacher F, Carmignac D, Motard E, Perret S, Dajoz I. 2016. The proportion of impervious surfaces at the landscape scale structures wild bee assemblages in a densely populated region. *Ecology and Evolution* **6**:6599–6615. John Wiley & Sons, Ltd. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ece3.2374> (accessed March 17, 2024).

Gonzalez VH, Griswold T, Praz CJ, Danforth BN. 2012. Phylogeny of the bee family Megachilidae (Hymenoptera: Apoidea) based on adult morphology. *Systematic Entomology* **37**:261–286. John Wiley & Sons, Ltd. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-3113.2012.00620.x> (accessed March 10, 2024).

- Gonzalez VH, Griswold TL. 2013. Wool carder bees of the genus *Anthidium* in the Western Hemisphere (Hymenoptera: Megachilidae): diversity, host plant associations, phylogeny, and biogeography. *Zoological Journal of the Linnean Society* **168**:221–425. Oxford Academic. Available from <https://dx.doi.org/10.1111/zoj.12017> (accessed March 13, 2024).
- Goulson D, Nicholls E, Botías C, Rotheray EL. 2015. Bee declines driven by combined Stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science* **347**:1435–1444. American Association for the Advancement of Science. Available from <https://www.science.org/doi/10.1126/science.1255957> (accessed March 15, 2024).
- Graham JR, Willcox E, Ellis JD. 2015. The Potential Management of a Ground-Nesting, Solitary Bee: *Anthophora abrupta* (Hymenoptera: Apidae). <https://doi.org/10.1653/024.098.0220> **98**:528–535. Florida Entomological Society. Available from <https://bioone.org/journals/florida-entomologist/volume-98/issue-2/024.098.0220/The-Potential-Management-of-a-Ground-Nesting-Solitary-Bee/10.1653/024.098.0220.full> (accessed March 19, 2024).
- Greenleaf SS, Williams NM, Winfree R, Kremen C. 2007. Bee foraging ranges and their relationship to body size. *Oecologia* **153**:589–596. Springer. Available from <https://link.springer.com/article/10.1007/s00442-007-0752-9> (accessed March 17, 2024).
- Hall DM et al. 2017. The city as a refuge for insect pollinators. *Conservation Biology* **31**:24–29. John Wiley & Sons, Ltd. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/cobi.12840> (accessed March 16, 2024).
- Hamblin AL, Youngsteadt E, Frank SD. 2018. Wild bee abundance declines with urban warming, regardless of floral density. *Urban Ecosystems* **21**:419–428. Springer New York LLC. Available from <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-018-0731-4> (accessed March 19, 2024).
- Harmon-Threatt A. 2020. Influence of Nesting Characteristics on Health of Wild Bee Communities. *Annual review of entomology* **65**:39–56. *Annu Rev Entomol*. Available from <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/31923377/> (accessed February 28, 2024).
- Hejda R, Farkač J, Chobot K. 2017a. ČERVENÝ SEZNAM OHROŽENÝCH DRUHŮ ČESKÉ REPUBLIKY BEZOBRATLÍ RED LIST OF THREATENED SPECIES OF THE CZECH REPUBLIC INVERTEBRATES.

- Hejda R, Farkač J, Chobot K. 2017b. ČERVENÝ SEZNAM OHROŽENÝCH DRUHŮ ČESKÉ REPUBLIKY BEZOBRATLÍ RED LIST OF THREATENED SPECIES OF THE CZECH REPUBLIC INVERTEBRATES.
- Herrmann M, Müller A, Neumeyer R. 2010. CSCF (FH26) | Apidae 6 | 320p. | Epr BàT(101220). FAUNA HELVETICA :316. Available from www.cscf.ch (accessed March 27, 2024).
- Hinners SJ, Hjelmsroos-Koski MK. 2009. Receptiveness of Foraging Wild Bees to Exotic Landscape Elements. <https://doi.org/10.1674/0003-0031-162.2.253> **162**:253–265. University of Notre Dame. Available from <https://bioone.org/journals/the-american-midland-naturalist/volume-162/issue-2/0003-0031-162.2.253/Receptiveness-of-Foraging-Wild-Bees-to-Exotic-Landscape-Elements/10.1674/0003-0031-162.2.253.full> (accessed March 19, 2024).
- Hinsch M et al. 2024. Assessing pollinator habitat suitability considering ecosystem condition in the Hannover Region, Germany. *Landscape Ecology* 2024 39:3 **39**:1–20. Springer.
- Hostinská L, Kuneš P, Hadrava J, Bosch J, Scaramozzino PL, Bogusch P. 2021. Comparative biology of four *Rhodanthidium* species (Hymenoptera, Megachilidae) that nest in snail shells. *Journal of Hymenoptera Research* **85**:11–28. Pensoft Publishers.
- Hussein J, Salama M, Kumble P, IV Henry WAH. 2020. The Impact of the Relation Between Political Borders and Ecosystems in Creating Green Infrastructure Opportunities - the City of Prague. Preprints:1–17. Preprints. Available from <https://www.preprints.org/manuscript/202012.0228/v1> (accessed March 20, 2024).
- IPR Praha. 2021. Institut plánování a rozvoje hlavního města Prahy. Praha.eu.
- Iwata K. 1964. Egg gigantism in subsocial Hymenoptera, with ethological discussion on tropical bamboo carpenter bees. Available from http://entnemdept.ufl.edu/walker/ufbir/chapters/chapter_40.shtml.
- Jankauski M, Casey C, Heveran C, Busby MK, Buchmann S. 2022. Carpenter bee thorax vibration and force generation inform pollen release mechanisms during floral buzzing. *Scientific Reports* 2022 12:1 **12**:1–10. Nature Publishing Group. Available from <https://www.nature.com/articles/s41598-022-16859-z> (accessed March 10, 2024).
- Kim J, Williams N, Kremen C. 2006. Effects of Cultivation and Proximity to Natural Habitat on Ground-nesting Native Bees in California Sunflower Fields.

- <https://doi.org/10.2317/0507.11.1> 79:309–320. Kansas Entomological Society. Available from <https://bioone.org/journals/journal-of-the-kansas-entomological-society/volume-79/issue-4/0507.11.1/Effects-of-Cultivation-and-Proximity-to-Natural-Habitat-on-Ground/10.2317/0507.11.1.full> (accessed March 18, 2024).
- Lanner J, Kratschmer S, Petrović B, Gaulhofer F, Meimberg H, Pachinger B. 2020. City dwelling wild bees: how communal gardens promote species richness. *Urban Ecosystems* 23:271–288. Springer. Available from <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-019-00902-5> (accessed March 21, 2024).
- Lerman SB, Contosta AR, Milam J, Bang C. 2018. To mow or to mow less: Lawn mowing frequency affects bee abundance and diversity in suburban yards. *Biological Conservation* 221:160–174. Elsevier.
- Leung B, Gonzalez A. 2024. Global monitoring for biodiversity: Uncertainty, risk, and power analyses to support trend change detection. *Science Advances* 10:1448. American Association for the Advancement of Science (AAAS). Available from <https://www.science.org/doi/10.1126/sciadv.adj1448> (accessed March 23, 2024).
- Litman JR, Griswold T, Danforth BN. 2016. Phylogenetic systematics and a revised generic classification of anthidiine bees (Hymenoptera: Megachilidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 100:183–198. Academic Press.
- Loomis A. 2008. Sustainable Portland: Implementation Series 1. New England Environmental Finance Center 1:49–96. Available from <https://digitalcommons.usm.maine.edu/climatechange/2> (accessed March 20, 2024).
- Lybrand RA, Fedenko J, Tfaily M, Rao S. 2020. Soil properties and biochemical composition of ground-dwelling bee nests in agricultural settings. *Soil Science Society of America Journal* 84:1139–1152. John Wiley & Sons, Ltd. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/saj2.20085> (accessed March 19, 2024).
- Macek J, Bezděčka P, Bogusch P, Dvořák L, Straka J, Tyrner pavel. 2010. *Blanokřídli České republiky I. - Žahadloví*. Academia, Praha.
- Macharia JM, Ndiritu GG. 2024. Habitats Heterogeneity Affects Bee Species Assemblage in an Urban Green Space: A Case Study of Nairobi Museum Botanic Garden, Kenya. *East African Journal of Environment and Natural Resources* 7:98–111. Available from

<https://journals.eanso.org/index.php/eajenr/article/view/1766> (accessed March 21, 2024).

Magrach A, González-Varo JP, Boiffier M, Vilà M, Bartomeus I. 2017. Honeybee spillover reshuffles pollinator diets and affects plant reproductive success. *Nature Ecology & Evolution* 2017 1:9 1:1299–1307. Nature Publishing Group. Available from <https://www.nature.com/articles/s41559-017-0249-9> (accessed March 28, 2024).

Maher S, Manco F, Ings TC. 2019. Using citizen science to examine the nesting ecology of ground-nesting bees. *Ecosphere* 10:e02911. John Wiley & Sons, Ltd. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/ecs2.2911> (accessed March 18, 2024).

Martins KT, Gonzalez A, Lechowicz MJ. 2017a. Patterns of pollinator turnover and increasing diversity associated with urban habitats. *Urban Ecosystems* 20:1359–1371. Springer New York LLC. Available from <https://link.springer.com/article/10.1007/s11252-017-0688-8> (accessed March 19, 2024).

Martins KT, Normandin É, Ascher JS. 2017b. *Hylaeus communis* (Hymenoptera: Colletidae), a new exotic bee for North America with generalist foraging and habitat preferences. *The Canadian Entomologist* 149:377–390. Cambridge University Press.

Maslovskaia O, Kopeva A, Srikauskas L. 2021a. Urban playgrounds as potential green infrastructure: The case of Thessaloniki. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* 899:012016. IOP Publishing. Available from <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/899/1/012016> (accessed March 20, 2024).

Matteson KC, Langellotto GA. 2011. Small scale additions of native plants fail to increase beneficial insect richness in urban gardens. *Insect Conservation and Diversity* 4:89–98. John Wiley & Sons, Ltd. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1752-4598.2010.00103.x> (accessed March 19, 2024).

Městská část Praha 4. 2023. Květnaté louky [cit. 2024.01.25] Dostupné z: <https://www.praha4.cz/Rozsirujeme-kvetnate-louky-do-dalsich-lokalit.html>.

Míček O, Feranec J, Stych P. 2020. Land Use/Land Cover Data of the Urban Atlas and the Cadastre of Real Estate: An Evaluation Study in the Prague Metropolitan Region. *Land* 2020, Vol. 9, Page 153 9:153. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. Available from <https://www.mdpi.com/2073-445X/9/5/153/htm> (accessed March 20, 2024).

- Michener CD. 1944. Comparative external morphology, phylogeny, and a classification of the bees (Hymenoptera). *Bulletin of the AMNH*.
- Michener CD. 2000. *The Bees of the World*. Available from https://books.google.cz/books?hl=en&lr=&id=bu_1gmY13FIC&oi=fnd&pg=IA6&ots=YK5KdbUJsc&sig=IYtLXJPmeIFkPSzbfIWmBdK40EQ&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false (accessed February 28, 2024).
- Michener CD. 2007. *The Bees of the World*, 2nd edition. Johns Hopkins University Press.
- Michez D. 2008. Monographic revision of the melittid bees (Hymenoptera, Apoidea, Melittidae sensu lato). *University of Mons-Hainaut* **19**:31–39.
- Michez D, Patiny S, Danforth BN. 2009. Phylogeny of the bee family Melittidae (Hymenoptera: Anthophila) based on combined molecular and morphological data. *Systematic Entomology* **34**:574–597.
- Michez D, Rasmont P, Terzo M, Vereecken NJ. 2019. *Bees of Europe*. N.A.P. Edition.
- Miliczki E. 1991. Observations on the Nesting Biology of Three Species of Panurgine Bees (Hymenoptera: Andrenidae). *Journal of the Kansas Entomological Society* **64**:80–87.
- Mokkapati JS, Bednarska AJ, Laskowski R. 2021. The development of the solitary bee *Osmia bicornis* is affected by some insecticide agrochemicals at environmentally relevant concentrations. *Science of The Total Environment* **775**:145588. Elsevier.
- Murthy JSV, Ramakrishna BG, Chellappan M, M.T. R, Murthy JSV, Ramakrishna BG, Chellappan M, M.T. R. 2024. Perspective Chapter: Wild Bees – Importance, Threats, and Conservation Challenges. *Insect Conservation - Challenges and Possibilities in a Changing World [Working Title]*:3–21. IntechOpen. Available from <https://www.intechopen.com/online-first/1169137> (accessed March 23, 2024).
- MŽP ČR. 2023. Zákon lépe ochrání biotopy ohrožených druhů a pomůže i opylovačům. [mzp.cz](https://www.mzp.cz/news_20230822_Zakon-lepe-ochrani-biotopy-ohrozenych-druhu-a-pomuze-i-opylovacum). Available from https://www.mzp.cz/news_20230822_Zakon-lepe-ochrani-biotopy-ohrozenych-druhu-a-pomuze-i-opylovacum (accessed March 28, 2024).
- MŽP ČR. 2024. Přežijeme bez opylovačů? MŽP připravuje novelu pro jejich ochranu, vědci dávají doporučení pro strategii a pomůže i projekt LIFE PROSPECTIVE. Ministerstvo životního prostředí. Available from https://www.mzp.cz/news_20230129_Prezijeme-bez-opylovacu (accessed March 28, 2024).

- Nebelong H. 2021. When There's Nothing but Nature: The Danish Experience with Natural Playscapes. *Built Environment* **47**:155. Alexandrine Press. Available from <https://openurl.ebsco.com/contentitem/doi:10.2148%2Fbenv.47.2.155?sid=ebsco:plink:crawler&id=ebsco:doi:10.2148%2Fbenv.47.2.155> (accessed March 20, 2024).
- Norde BB. 1984. Nesting Biology of *Anthophora abrupta* (Hymenoptera: Anthophoridae). *Journal of the Kansas Entomological Society* **57**:243–262.
- Nurmurzayevich KE. 2023. LANDSCAPE DESIGN OF KINDERGARTEN. *Economy and Innovation* **36**:313–316.
- O'Reilly AD, Stanley DA. 2023. Solitary bee behaviour and pollination service delivery is differentially impacted by neonicotinoid and pyrethroid insecticides. *Science of The Total Environment* **894**:164399. Elsevier.
- Orr MC, Griswold T, Pitts JP, Parker FD. 2016. Current Biology A new bee species that excavates sandstone nests. *Current Biology* **26**:R792–R793.
- Ostwald MM, Fox TP, Hillery WS, Shaffer Z, Harrison JF, Fewell JH. 2022. Group-living carpenter bees conserve heat and body mass better than solitary individuals in winter. *Animal Behaviour* **189**:59–67. Academic Press.
- O'Toole C, Raw A. 2004. *Bees of the world*. Blandford Press, London.
- Pasquet RS, Peltier A, Hufford MB, Oudin E, Saulnier J, Paul L, Knudsen JT, Herren HR, Gepts P. 2008. Long-distance pollen flow assessment through evaluation of pollinator foraging range suggests transgene escape distances. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* **105**:13456–13461. National Academy of Sciences. Available from <https://www.pnas.org/doi/abs/10.1073/pnas.0806040105> (accessed March 27, 2024).
- Pesenko YA, Banaszak J, Radchenko VG, Cierzniak T. 2000. Bees of the family Halictidae (excluding Sphecodes) of Poland: taxonomy, ecology, bionomics:204–205.
- Peura M, Eyvindson K, Burgas D, Mönkkönen M, Raatikainen KJ, Kotiaho JS. 2024. Cost-effective biodiversity protection through multiuse-conservation landscapes. *Landscape Ecology* **39**:1–16. Springer Science and Business Media B.V. Available from <https://link.springer.com/article/10.1007/s10980-024-01803-5> (accessed March 23, 2024).

- Polidori C, Rubichi A, Barbieri V, Trombino L, Donegana M. 2010. Floral resources and nesting requirements of the ground-nesting social bee, *Lasioglossum malachurum* (hymenoptera: Halictidae), in a Mediterranean semiagricultural landscape. *Psyche* (London):1–11. Hindawi Limited.
- Portál životního prostředí hl. m. Prahy. 2014. Příroda, krajina a zeleň v Praze [cit.2024.02.23]. Dostupné z: https://portalzp.praha.eu/jnp/cz/priroda_krajina_a_zelen/souhrnne_informace_statistika_vyuziti_uzemi/priroda_krajina_a_zelen_v_praze_strucne.html
- Potts SG, Vulliamy B, Roberts S, O'Toole C, Dafni A, Ne'eman G, Willmer P. 2005. Role of nesting resources in organising diverse bee communities in a Mediterranean landscape. *Ecological Entomology* **30**:78–85. John Wiley & Sons, Ltd. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.0307-6946.2005.00662.x> (accessed March 18, 2024).
- Potts SG, Willmer P. 1997. Abiotic and biotic factors influencing nest-site selection by *Halictus rubicundus*, a ground-nesting halictine bee. *Ecological Entomology* **22**:319–328. John Wiley & Sons, Ltd. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1365-2311.1997.00071.x> (accessed March 18, 2024).
- Praha. 2008. Přírodní podmínky, krajina. Praha.[2024.01.25]
- Prendergast KS, Tomlinson S, Dixon KW, Bateman PW, Menz MHM. 2022. Urban native vegetation remnants support more diverse native bee communities than residential gardens in Australia's southwest biodiversity hotspot. *Biological Conservation* **265**:109408. Elsevier.
- Pyšek P. 1998. Alien and native species in Central European urban floras: a quantitative comparison. *Journal of Biogeography* **25**:155–163. John Wiley & Sons, Ltd. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1365-2699.1998.251177.x> (accessed March 19, 2024).
- R Core Team. 2023. Rstudio.
- Rahimi E, Barghjelveh S, Dong P. 2022. A review of diversity of bees, the attractiveness of host plants and the effects of landscape variables on bees in urban gardens. *Agriculture and Food Security* **11**:1–11. BioMed Central Ltd. Available from

<https://link.springer.com/articles/10.1186/s40066-021-00353-2> (accessed March 21, 2024).

Raina RH, Pathak P, Kumar K, Jangid T. 2023. The Family Megachilidae (Hymenoptera: Apoidea) In Pollination Ecology- a Review. Indian Journal of Entomology:01–07. The Entomological Society of India. Available from <https://www.indianentomology.org/index.php/ije/article/view/551> (accessed March 9, 2024).

Rasmont P. 2014. Atlas of the European Bees: genus Anthophora. Step project.

Rhee J, Park S, Lu Z. 2014. Relationship between land cover patterns and surface temperature in urban areas. *GIScience & Remote Sensing* **51**:521–536. Taylor & Francis. Available from <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/15481603.2014.964455> (accessed March 19, 2024).

Ribbons R, Toro I Del, Tamayo A, Mcglynn M, Knight J, McMurray D. 2021. No Mow May lawns have higher pollinator richness and abundances: An engaged community provides floral resources for pollinators. *Nacional Library of Medicine*:1–27. Available from <https://www.researchsquare.com> (accessed March 21, 2024).

Rodriguez-Serrano E, Inostroza-Michael O, Avaria-Llautureo J, Hernandez CE. 2012. Colony Size Evolution and the Origin of Eusociality in Corbiculate Bees (Hymenoptera: Apinae). *PLoS ONE* **7**:7. Available from www.plosone.org (accessed March 10, 2024).

Roetman PEJ, Daniels CB. 2011. Creating sustainable communities in a changing world Community Education on Biodiversity View project. Available from <https://www.researchgate.net/publication/323998160> (accessed March 18, 2022).

Ropars L, Dajoz I, Fontaine C, Muratet A, Geslin B. 2019. Wild pollinator activity negatively related to honey bee colony densities in urban context. *PLOS ONE* **14**:e0222316. Public Library of Science. Available from <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0222316> (accessed March 28, 2024).

Roy D, Botham M, Harris S, Brereton TM, Randle Z, Harris ND, Dennis S, Robinson EB, Peck AE, Roy K&. 2019. The UKBMS CEH project management and research uses Citation. Available from www.butterfly-conservation.orgwww.jncc.gov.uk (accessed March 24, 2022).

- Rozen J. 2003. Eggs, ovariole numbers, and modes of parasitism of cleptoparasitic bees, with emphasis on neotropical species (Hymenoptera, Apoidea). New York, NY : American Museum of Natural History. Available from <http://hdl.handle.net/2246/2839> (accessed March 10, 2024).
- Rozen JG. 2013. Larval Development and Nesting Biology of the Adventive Wood-Nesting Bee *Lithurgus (L.) chrysurus* Fonscolombe (Hymenoptera: Megachilidae: Lithurgini). <https://doi.org/10.1206/3774.2> **2013**:20–40. American Museum of Natural History. Available from <https://bioone.org/journals/american-museum-novitates/volume-2013/issue-3774/3774.2/Larval-Development-and-Nesting-Biology-of-the-Adventive-Wood-Nesting/10.1206/3774.2.full> (accessed March 12, 2024).
- Rubenstein DR, Abbot P. 2017. Comparative Social Evolution. Cambridge University Press.
- Sakagami SF, Hayashida K. 1961. Biology of the Primitive Social Bee, *Halictus duplex* Dalla Torre, III. Activities in Spring Solitary Phase. *HUSCAP*:640–675.
- Sandrock C, Tanadini LG, Pettis JS, Biesmeijer JC, Potts SG, Neumann P. 2014. Sublethal neonicotinoid insecticide exposure reduces solitary bee reproductive success. *Agricultural and Forest Entomology* **16**:119–128. John Wiley & Sons, Ltd. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/afe.12041> (accessed March 15, 2024).
- Sardiñas HS, Ponisio LC, Kremen C. 2016. Hedgerow presence does not enhance indicators of nest-site habitat quality or nesting rates of ground-nesting bees. *Restoration Ecology* **24**:499–505. John Wiley & Sons, Ltd. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/rec.12338> (accessed March 18, 2024).
- Scheuchl E. 1995. *Illustrierte Bestimmungstabellen der Wildbienen Deutschlands und Österreichs*,. Page 180.
- Schmidt-Egger Ch, Scheuchl E. 1997. *Illustrierte Bestimmungstabellen der Wildbienen Deutschlands und Österreichs: Schlüssel der Arten der Familie Andrenida*.
- Sehrt M, Bossdorf O, Freitag M, Bucharova A. 2020. Less is more! Rapid increase in plant species richness after reduced mowing in urban grasslands. *Basic and Applied Ecology* **42**:47–53. Urban & Fischer.
- Sirohi MH, Jackson J, Edwards M, Ollerton J. 2015. Diversity and abundance of solitary and primitively eusocial bees in an urban centre: a case study from Northampton (England).

- Journal of Insect Conservation **19**:487–500. Kluwer Academic Publishers. Available from <https://link.springer.com/article/10.1007/s10841-015-9769-2> (accessed March 15, 2024).
- Slater PJB, Rosenblatt JS, Snowdon ChT, Roper TJ, Brockmann HJ, Naguib M. 2005. *Advances in the Study of Behavior*. Elsevier.
- Sless T, Rehan S. 2023. Phylogeny of the carpenter bees (Apidae: Xylocopinae) highlights repeated evolution of sociality. *Biology Letters* **19**. Royal Society Publishing.
- Sless TJJ et al. 2022. Phylogenetic relationships and the evolution of host preferences in the largest clade of brood parasitic bees (Apidae: Nomadinae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* **166**:1–13. Academic Press.
- Smith IP. 1991. *Anthidium manicatum* (Hymenoptera, Megachilidae): an interesting new Canadian record. *P Entomol Soc On* **122**:105–108.
- Steffan-Dewenter I, Leschke K. 2003. Effects of habitat management on vegetation and above-ground nesting bees and wasps of orchard meadows in Central Europe. *Biodiversity and Conservation* **12**:1953–1968. Springer. Available from <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1024199513365> (accessed March 21, 2024).
- Stone GN. 1993. ENDOTHERMY IN THE SOLITARY BEE ANTHOPHORA PLUMIPES: INDEPENDENT MEASURES OF THERMOREGULATORY ABILITY, COSTS OF WARM-UP AND THE ROLE OF BODY SIZE. *J. exp. Biol* **174**:299–320.
- STONE GN. 1994. Activity patterns of females of the solitary bee *Anthophora plumipes* in relation to temperature, nectar supplies and body size. *Ecological Entomology* **19**:177–189. John Wiley & Sons, Ltd. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/j.1365-2311.1994.tb00408.x> (accessed March 19, 2024).
- Straka J, Bogusch P. 2007. Phylogeny of the bees of the family Apidae based on larval characters with focus on the origin of cleptoparasitism (Hymenoptera: Apiformes). *Systematic Entomology* **32**:700–711.
- Stumpe B, Bechtel B, Heil J, Jörges C, Jostmeier A, Kalks F, Schwarz K, Marschner B. 2023. Soil texture mediates the surface cooling effect of urban and peri-urban green spaces during a drought period in the city area of Hamburg (Germany). *Science of The Total Environment* **897**:165228. Elsevier.

- Tavares Brancher KP, Graf LV, Heringer G, Zenni RD. 2024. Urbanization and abundance of floral resources affect bee communities in medium-sized neotropical cities. *Austral Ecology* **49**:1–17. John Wiley and Sons Inc.
- Theodorou P et al. 2020. Urban areas as hotspots for bees and pollination but not a panacea for all insects. *Nature Communications* 2020 11:1 **11**:1–13. Nature Publishing Group. Available from <https://www.nature.com/articles/s41467-020-14496-6> (accessed March 16, 2024).
- TSK Praha a. s. 2024. Zeleně v Praze - Správa a rozvoj zeleně ve správě TSK.
- VICIDOMINI S. 1998. Biology of *Xylocopa* (*Xylocopa*) *violacea* (Linnè, 1758) (Hymenoptera: Apidae): copulatory behaviours. *Ann. Mus. civ. Rovereto* **12**:85–100. Available from https://www.researchgate.net/publication/258088835_Biology_of_Xylocopa_Xylocopa_violacea_Linne_1758_Hymenoptera_Apidae_copulatory_behaviours (accessed March 13, 2024).
- Villalta I, Bouget C, Lopez-Vaamonde C, Baude M. 2022. Phylogenetic, functional and taxonomic responses of wild bee communities along urbanisation gradients. *Science of The Total Environment* **832**:154926. Elsevier.
- Welti EAR et al. 2022. Temperature drives variation in flying insect biomass across a German malaise trap network. *Insect Conservation and Diversity* **15**:168–180. John Wiley & Sons, Ltd. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1111/icad.12555> (accessed March 19, 2024).
- Wenzel A, Grass I, Belavadi V V., Tschardt T. 2020. How urbanization is driving pollinator diversity and pollination – A systematic review. *Biological Conservation* **241**:108321. Elsevier.
- Werner P. 2011. The ecology of urban areas and their functions for species diversity. *Landscape and Ecological Engineering* **7**:231–240. Springer. Available from <https://link.springer.com/article/10.1007/s11355-011-0153-4> (accessed March 17, 2024).
- Westrich P. 2019. *Die wildbienen deutschlands*. Eugen Ulmer, Stuttgart.

- Wilk B, Rebollo V, Hanania S. 2020. A guide for pollinator-friendly cities: How can spatial planners and land-use managers create favourable urban environments for pollinators? European commission:4–42. Available from <https://op.europa.eu/en/publications>.
- Williams NM, Cariveau D, Winfree R, Kremen C. 2011. Bees in disturbed habitats use, but do not prefer, alien plants. *Basic and Applied Ecology* **12**:332–341. Urban & Fischer.
- Williams NM, Kremen C. 2007. Resource distributions among habitats determine solitary bee offspring production in a mosaic landscape. *Ecological Applications* **17**:910–921.
- Wilson CJ, Jamieson MA. 2019. The effects of urbanization on bee communities depends on floral resource availability and bee functional traits. *PLOS ONE* **14**:e0225852. Public Library of Science. Available from <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0225852> (accessed March 16, 2024).
- Winkler J, Pasternak G, Sas W, Hurajová E, Koda E, Vaverková MD. 2024. Nature-Based Management of Lawns—Enhancing Biodiversity in Urban Green Infrastructure. *Applied Sciences* 2024, Vol. 14, Page 1705 **14**:1705. Multidisciplinary Digital Publishing Institute. Available from <https://www.mdpi.com/2076-3417/14/5/1705/htm> (accessed March 21, 2024).
- Wray JC, Neame LA, Elle E. 2014. Floral resources, body size, and surrounding landscape influence bee community assemblages in oak-savannah fragments. *Ecological Entomology* **39**:83–93.
- Wuellner CT. 1999. Nest site preference and success in a gregarious, ground-nesting bee *Dieunomia triangulifera*. *Ecological Entomology* **24**:471–479. John Wiley & Sons, Ltd. Available from <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1046/j.1365-2311.1999.00215.x> (accessed March 18, 2024).
- Wyman LM, Richards MH. 2003. Colony social organization of *Lasioglossum malachurum* Kirby (Hymenoptera, Halictidae) in southern Greece. *Insectes Sociaux* **50**:201–211. Springer. Available from <https://link.springer.com/article/10.1007/s00040-003-0647-7> (accessed March 9, 2024).
- Yang JL, Zhang GL. 2015. Formation, characteristics and eco-environmental implications of urban soils – A review. *Soil Science and Plant Nutrition* **61**:30–46. Taylor & Francis. Available from <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00380768.2015.1035622> (accessed March 19, 2024).

- Youssef NN, Bohart GE. 1968. The Nesting Habits and Immature Stages of *Andrena* (*Thysandrena*) *candida* Smith (Hymenoptera, Apoidea). *Journal of the Kansas Entomological Society* **41**:442–455.
- Zablotny JE. 2009. *Encyclopedia of Insects*. Page *Encyclopedia of Insects*. Academic Press.
- Zattara EE, Aizen MA. 2021. Worldwide occurrence records suggest a global decline in bee species richness. *One Earth* **4**:114–123. Available from <https://doi.org/10.1016/j.oneear.2020.12.005> (accessed March 15, 2024).
- Zurbuchen A, Landert L, Klaiber J, Müller A, Hein S, Dorn S. 2010. Maximum foraging ranges in solitary bees: only few individuals have the capability to cover long foraging distances. *Biological Conservation* **143**:669–676. Available from https://www.researchgate.net/publication/238364851_Maximum_Foraging_Ranges_in_Solitary_Bees_Only_Few_Individuals_have_the_Capability_to_Cover_Long_Foraging_Distances (accessed March 17, 2024).

