

# PESTROST DIVJIH ČEBEL IN NJIHOV POMEN ZA KMETIJSTVO IN NARAVO

*Danilo BEVK<sup>1</sup>*

## Izveček

Opraševalci spadajo med ključne vrste večine kopenskih ekosistemov. Kar 78 % divjih rastlin potrebuje opraševanje žuželk, od njihovega opraševanja pa je odvisnih tudi 84 % kmetijskih rastlin v Evropi. Vrednost opraševanja žuželk v kmetijstvu v Evropi in Sloveniji je ocenjena na 22 milijard EUR oziroma 120 milijonov EUR letno, kar predstavlja desetino dohodka od pridelave človeške prehrane. Med divjimi opraševalci prevladujejo divje čebele (čmrlji in čebele samotarke) in muhe trepetavke, medtem ko je prispevek metuljev, hroščev in drugih žuželk manjši. Pestrost opraševalcev povečuje količino in kakovost pridelka, zato je ohranjanje pestrosti opraševalcev pomembno tako za kmetijstvo kot naravne ekosisteme. V zadnjem času v številnih evropskih državah opazamo hitro upadanje pestrosti opraševalcev. Glede na Evropski rdeči seznam čebel, je ogroženih 9,2 % vrst. Med čmrlji, ki so najbolj raziskani, od 69 vrst, ki živijo v Evropi, izumrtje grozi kar 23,6 % vrst, populacije pa upadajo pri 45,6 % vrst. Glavni razlogi za upadanje populacij opraševalcev so izguba življenjskega prostora zaradi intenzivnega kmetijstva in urbanizacije in s tem povezane izgube prehranskih virov in gnezdišč, pesticidi, bolezni in podnebne spremembe. Slovenija ima še vedno razmeroma visoko pestrost divjih čebel (563 vrst), vendar po podatkih Rdečega seznama 14 % vrst grozi izumrtje. Geografske danosti in s tem povezana visoka gozdnatost preprečujejo razvoj intenzivnega kmetijstva na površinah, kot jih poznajo v zahodni Evropi. Potencial divjih opraševalcev je zato v Sloveniji še vedno razmeroma velik, a slabo izkoriščen. Brez strategije upravljanja populacij divjih opraševalcev ga lahko tudi hitro izgubimo.

**Ključne besede:** Divje čebele, čmrlji, čebele samotarke, opraševanje, biotska pestrost, kmetijstvo

## THE DIVERSITY OF WILD BEES AND THEIR IMPORTANCE FOR AGRICULTURE AND NATURE

### Abstract

Pollinators are the keystone species in most terrestrial ecosystems. 78 % of wildflowers need biotic pollination provided by insects and 84 % of European crops are directly dependent on insect pollination. The estimated value of crop pollination in Europe and Slovenia is around 22 billion EUR and 120 million EUR per year (10 % of the total economic value of agronomical output for human food). Wild pollinators are dominated by wild bees (bumblebees and solitary bees) and hoverflies while butterflies, beetles and other insects provide smaller contributions. The diversity of pollinators improves crop yield or fruit quality and thus restoring and maintaining pollinator diversity is thus very important for agriculture as well as for natural vegetation. In recent years a dramatic decline in wild pollinators has been documented in many European countries. According to the European Red list of bees 9.2 % of wild bee species are considered threatened. Bumblebees are the best studied group and of 69 European bumblebee species, 23.6% are threatened with extinction. Moreover, 45.6% of bumblebee species have declining population trend. The main identified reasons for pollinator decline are habitat loss due to agricultural intensification and urban sprawl (loss of floral resources and nesting sites), pesticides, diseases and climate changes. At present, Slovenia still has a relatively high diversity of wild bees (563 species) but nevertheless, 14% of wild bees are considered threatened with extinction. Geography and related forest coverage prevent development of intensive agriculture on surfaces comparable to those in large parts of Western Europe. Therefore the potential of wild pollinators in Slovenia is still great, but largely ignored. Development of strategy for managing wild pollinators is therefore a short-term imperative.

**Key words:** Wild bees, bumblebees, solitary bees, pollination, biodiversity, agriculture

<sup>1</sup> Dr., Nacionalni inštitut za biologijo, Večna pot 111, 1000 Ljubljana, danilo.bevk@nib.si

## UVOD

Opraševanje žuželk je ena najpomembnejših ekosistemskih storitev, pomembnih tako za delovanje naravnih kot kmetijskih ekosistemov. Opraševanje žuželk namreč potrebuje kar 78 % divjih rastlin, vsaj deloma pa je od njega odvisnih 84 % kmetijskih rastlin, ki se pridelujejo v Evropi (Potts in sod. 2015). Opraševanje žuželk je pomembno tako z vidika ohranjanja biotske pestrosti kot kmetijske pridelave. K ekonomski vrednosti kmetijstva prispeva približno 10 %. Na svetovni ravni je tako vrednost opraševanja žuželk zgolj pri pridelavi hrane ocenjena na 153 milijard EUR letno (Gallai in sod. 2009), za Evropo pa ocena znaša 22 milijard EUR letno (Potts in sod. 2015). Za Slovenijo 10 % kmetijske proizvodnje pomeni približno 120 milijonov EUR letno.

Od opraševanja ni odvisna samo količina ampak tudi kakovost pridelka (Hoehn in sod. 2008, Garratt s sod. 2014), oboje pa vpliva na kakovost prehrane in s tem na zdravje ljudi (Smith in sod. 2015). Čeprav večino človeške prehrane predstavljajo vetrocvetke, pa je hrana, ki je pridelana s pomočjo opraševanja žuželk ključen vir določenih vitaminov, maščob in mineralov.

Potrebe po opraševanju naraščajo. V svetovnem merilu je v zadnje pol stoletja število gojenih čebeljih družin naraslo za 45 %, potreba po opraševanju kmetijskih rastlin pa se je povečala za kar 300 % (Aizen in Harder 2009).

Šele v zadnjem času se je izkazalo, da je poleg medonosne čebele zelo pomembna tudi vloga divjih opraševalcev, ki so v primerjavi z medonosno čebelo v mnogih primerih celo bolj učinkoviti (Garibaldi in sod. 2013). Zaradi večje učinkovitosti je njihov prispevek k opraševanju tako lahko večji, kot bi lahko sklepali zgolj po njihovi številčnosti. Za zanesljivo opraševanje in s tem povezano stabilno pridelavo in ohranjanje biodiverzitete je zato ključnega pomena ohranjanje pestrosti opraševalcev (Garibaldi in sod. 2011, 2013, Winfree in sod. 2007).

## PESTROST DIVJIH ČEBEL

Med divjimi opraševalci so najpomembnejše divje čebele, torej čmrlji in čebele samotarke. Doslej je bilo v Sloveniji najdenih 563 vrst divjih čebel (Gogala 2014), od tega 35 vrst čmrljev (Grad in sod. 2010). Pomembne so tudi muhe trepetavke (de Groot in Bevk 2012, Orford in sod. 2015), ostale žuželke npr. metulji, nekateri hrošči in ose, pa k opraševanju prispevajo manjši delež (Abrol 2012).

Podobno kot medonosna čebela tudi čmrlji živijo v skupnostih (družinah), ki jih sestavljajo matica in od nekaj deset do nekaj sto delavk. Družine nastanejo vsako pomlad na novo in trajajo le nekaj mesecev. Zimo namreč preživijo le v preteklem letu izlegle matice. Prezimijo otrple v tleh in spomladi ob prvi močnejši otoplitvi postanejo dejavne, kmalu za tem pa pričnejo gnezdit. Gnezdo je lahko pod zemljo v opuščenih gnezdih glodavcev, na površini v mahu ali šopu trav, nekatere vrste gnezdiijo tudi višje,

npr. v duplih, na podstrešjih itd.. Matica v gnezdu sama poskrbi za prvo generacijo delavk. Te potem pomagajo pri nabiranju hrane in skrbi za zarod, zato matica preneha zapuščati gnezdo in družina se sčasoma povečuje. Proti koncu poletja, pri nekaterih vrstah že prej, se izležejo troti (samci) in nove matice. Matice se po parjenju odpravijo na prezimovanje in družina postopoma propade (Grad in sod. 2010).

V nasprotju s čmrlji večina ostalih vrst divjih živi samotarsko, zato jim pravimo tudi čebele samotarke. So zelo raznolike, saj najmanjše merijo samo 3 mm, največje pa kar 25 mm in so večje od čmrljev. Za samotarske vrste je značilno, da vsaka samica sama poskrbi za svoj zarod. Gnezda so od vrste do vrste različna. Gnezdiijo lahko v luknjah v lesu, v votlih steblih, v zemlji na tleh ali celo v polžjih hiškah. V gnezdo odložijo jajčeca in jih oskrbijo s pelodom, nato pa ga zaprejo z blatom, kamenčki ali koščki listja. Skrb za potomstvo je s tem zaključena. Iz jajčec se izležejo ličinke, ki se hranijo s pelodom in nato zabubijo ter večinoma šele naslednjo pomlad izletijo kot odrasle čebele (Gogala 2014).

## POMEN PESTROSTI OPRAŠEVALCEV

Divji opraševalci so zelo učinkoviti in za zanesljivo opraševanje je pestrost opraševalcev ključnega pomena. V obsežni raziskavi, ki je analizirala podatke s 600 polj in vključevala 41 kmetijskih rastlin, so ugotovili, da je učinek na povečanje pridelka pri divjih opraševalcih dvakrat večji kot pri medonosni čebeli, kar kaže na boljšo kakovost opraševanja. Divji opraševalci povečajo pridelek tudi, če je medonosnih čebel veliko, kar pomeni, da medonosna čebela divje opraševalce dopolnjuje, ne more pa jih nadomestiti (Garibaldi in sod. 2013).

Pri opraševanju jabolk se z večanjem pestrosti divjih čebel pridelek povečuje (Martins in sod. 2015, Mallinger in Gratton 2015), medtem ko pri povečevanju števila medonosnih čebel v sadovnjaku tega niso opazili (Mallinger in sod. 2015). Tudi pri opraševanju buč so ugotovili, da je število semen v pozitivni korelaciji z vrstno pestrostjo čebel, medtem tem ko število obiskov čebel na število semen ni imelo vpliva (Hoehn in sod. 2015). Posredno so vpliv pestrosti opraševalcev na pridelek pokazali tudi v raziskavi Anderssona in sod. (2012), kjer so primerjali uspešnost opraševanja v nasadih jagod na konvencionalnih in ekoloških kmetijah. Ugotovili so, da je bil delež popolnoma oprašenih jagod na ekoloških kmetijah 2,6-krat večji, razlika pa je bila opazna že dve do štiri leta po prehodu na ekološko kmetovanje. Večji pridelek bi lahko bil posledica večjega števila in/ali pestrosti opraševalcev pri ekološkem kmetovanju, čeprav tega niso spremljali.

## POSEBNOSTI OPRAŠEVANJA DIVJIH ČEBEL

Pomen pestrosti opraševalcev lahko razložimo kot posledico razlik v morfologiji, ekologiji, vedenju in življenjskih

ciklih. Prednost medonosne čebele kot opráševalke je, da živi v velikih družinah in tudi prezimuje v velikem številu, poleg tega pa prideluje čebelje pridelke, zato je privlačna za gojenje. Vendar ima na primer v primerjavi s čmrlji tudi določene pomanjkljivosti. V nasprotju z njimi ni dejavna v dežju, mrazu in vetru, takšno vreme pa je pomladi v času cvetenja sadnega drevja zelo pogosto (Goulson 2012). Ker so čmrlji prilagojeni na nižje temperature, so najbolj dejavni zjutraj, kar za nekatere vrste ne velja, saj imajo podoben vzorec dejavnosti kot medonosna čebela (Bevk 2007).

Medonosna čebela ima v primerjavi s čmrlji krajši jeziček, zato ne more obiskovati cvetov, ki imajo medovnike skrite globoko v cvetnem vratu (Goulson 2012). Še daljše jezičke imajo metulji (Herrera 1989). Prav tako ne more oprášiti cvetov, ki imajo cvetni prah v prašnikih (npr. paradižnik) in se sprostijo samo ob močnem stresanju značilnem za čmrlje, ne pa tudi za medonosno čebelo (»buzz pollination«). Stresanje cvetov pripomore tudi k oprášitvi borovnice in kivija (Goulson 2012). Čmrlji so v primerjavi z medonosno čebelo hitrejši in lahko v enakem času obišejo dvakrat toliko cvetov kot medonosna čebela (Herrera 1989).

Opráševalci se razlikujejo tudi po učinkovitosti prenosa cvetnega prahu. Najboljše prenašalke cvetnega prahu so čebele (samotarke, čmrlji, medonosna), medtem ko muhe, hrošči in metulji ob obisku odložijo precej manj cvetnega prahu (Orford in sod. 2015). Čmrlji na brazdi pestiča jablane odložijo več pelodnih zrn kot medonosna čebela (Thomson in Goodell 2001). Čmrlji pri obisku cveta na brazdo odložijo 1,5-krat, čebela samotarka iz rodu *Melandrena* pa kar 2,5-krat več cvetnega prahu več kot medonosna čebela (Park in sod. 2016). Mnoge samotarke shranjujejo cvetni prah na trebušni strani zadka in v suhi obliki kar izboljša stik z brazdo pestiča. V nasprotju z njimi ga medonosna čebela in čmrlji shranjujejo zlepljenega v koških zadnjih nog, kar je z vidika opráševanja slabše (Thorpe 2000).

Medonosna čebela raje obiskuje jablane z visoko gostoto cvetov, medtem ko pri divjih čebelah tega niso opazili (Malling in Gratton 2015). Poleg tega se lahko zgodi, da lahko zbirajo samo določen cvetni prah in povsem opustijo druge. To se lahko zgodi tudi med cvetenjem sadnega drevja, ko v bližini zacveti oljna ogrščica, katere cvetni prah je bolj privlačen kot cvetni prah sadnega drevja (Poklukar 1998).

## OGROŽENOST DIVJIH ČEBEL

Populacije opráševalcev v zadnjih desetletjih upadajo. Najbolje je dokumentirano gibanje števila čebeljih družin. V Evropi se je v letih 1965 – 1985 število čebeljih družin povečalo za 16,2 %, v letih 1985 – 2005 pa zmanjšalo za 16,1 %, vendar ne povsod. V mediteranskem delu je naraslo za 13,3 %, v Srednji Evropi in Skandinaviji pa upadlo za 24,7 % in 14,1 % (Potts in sod. 2010a). V ZDA, kjer medonosna čebela sicer ni avtohtona, je bil upad veliko večji, in sicer v letih 1947 – 2002 kar za 67 % (Potts in sod. 2010b).

Podatkov o stanju divjih opráševalcev je veliko manj. V Evropi je dokumentirano ogroženih 9,2 % čebel, vendar za 56,7 % vrst ni na voljo dovolj podatkov, zato delež ogroženih znaša med 4 % (če so vse vrste s pomanjkljivimi podatki ne-ogrožene) in 60,7 % (če so vse vrste s pomanjkljivimi podatki ogrožene). Pri čmrljih, ki so najbolj raziskani, v Evropi izumrtje grozi 23,6 %, populacije pa upadajo pri 45,6 % vrstah (Nieto in sod. 2014). V Sloveniji po podatkih Rdečega seznama izumrtje grozi 14 % vrst divjih čebel.

Med pomembnejšimi razlogi za upadanje populacij in pestrosti opráševalcev je izguba življenjskega prostora zaradi spremenjene rabe prostora, zlasti intenzivnega kmetijstva, zaradi katerega se slabšajo prehranske razmere in možnosti za gnezdenje (Goulson 2012).

Z intenzivnim kmetijstvom je povezana tudi uporaba pesticidov. Pri divjih čebelah je glede na telesno maso srednji smrtni odmerek (LD50) v povprečju večji kot pri medonosni čebeli, vendar obstajajo tudi izjeme (Arena in Sgolastra 2014). Divji opráševalci imajo pogosto precej drugačne in raznolike življenjske kroge, tudi drugačno dnevno aktivnost in pašno vedenje, zato so izpostavljeni drugačnim odmerkom. Iz Velike Britanije so tako znani primeri, ko so v bližini tretiranih nasadov čmrlji umirali, medonosne čebele pa so bile neprizadete (Thompson in Hunt 2009, Thompson 2001). Največ raziskav je opravljenih na neonikotinoidih. Tako je bil dokazan negativen vpliv neonikotinoidov na pašno vedenje (Mommaerts in sod. 2010, Gill in sod. 2012), število zalege in delavk (Gill in sod. 2012), rast družine in produkcijo matic čmrljev (Whitehorn in sod. 2012), uspešnost razmnoževanja čebele samotarke rdeče dišavke (Sandcock in sod. 2014) in upadanje pestrosti divjih čebel (Woodcock B.A. in sod. 2016).

Podnebje je eden najpomembnejših dejavnikov, ki vpliva na razširjenost vrst, zato so tudi podnebne spremembe pomemben dejavnik ogrožanja. V Evropi bodo spremembe za večino vrst čmrljev neugodne. Glede na predvidene podnebne spremembe se pričakuje, da bo do leta 2100 lahko skoraj polovica vrst čmrljev izgubila 50 % do 80 % sedanjega območja razširjenosti (Rasmont in sod. 2015).

Divje opráševalce ogrožajo tudi številne bolezni. Mnoge bolezni so razširjene tako pri medonosni čebeli kot pri divjih čebelah in celo drugih kožekrilcih (Meeus in sod. 2011, Evison in sod. 2012, Fürst in sod. 2014, Goulson in Hughes 2015). Nekatere med njimi se širijo tudi zaradi trgovine s čmrlji in čebelarjenja. V Veliki Britaniji so ugotovili, da je bilo kar 77 % družin uvoženih čmrljev, ki so bile sicer deklarirane kot zdrave, okuženih z vsaj enim od parazitov in sicer z *Apicystis bombi* (neogregarina), *Crithidia bombi* (tripanosoma), *Nosema bombi*, *N. ceranae* ali virusom deformiranih kril (Graystock in sod. 2013). Čeprav se čmrlji praviloma uporabljajo v rastlinjakih, je bilo ugotovljeno, da je zdravstveno stanje prostoživečih čmrljev, ki živijo v okolici rastlinjakov, ki uporabljajo čmrlje za opráševanje,

slabše kot v okolici rastlinjakov, kjer čmrljev ne uporablja, kar kaže na to, da gojeni čmrlji prihajajo v stik z divje živečimi (Graystock in sod. 2014). Uvoz čmrljev sicer predstavlja tveganje tudi z vidika genetskega onesnaženja, ki je bilo v Sloveniji tudi že potrjeno (Kozmus 2007).

## VAROVANJE DIVJIH ČEBEL ZA ZAGOTOVITEV OPRAŠEVANJA

Za zagotovitev zanesljivega opraševanja je pomembno upravljanje na način, ki omogoča preživetje oprasovalcem in ohranjanje njihove pestrosti. To vključuje ohranjanje ali obnovo naravnih ali polnaravnih površin med nasadi, povečevanje heterogenosti rabe prostora, zagotavljanje prehranskih virov in gnezdnih mest (Garibaldi in sod. 2013).

Cvetoče kmetijske rastline za kratek čas lahko predstavljajo pomemben vir hrane za oprasovalce, po drugi strani pa kratek čas cvetenja, nizka pestrost, pomanjkanje mest za gnezdenje in uporaba pesticidov ne omogočajo razvoja raznolikih in močnih populacij oprasovalcev (Garibaldi in sod. 2011). Za razvoj stabilnih populacij oprasovalcev so zato velikega pomena naravne in pol-naravne površine, ki so vir oprasovalcev za kmetijske rastline. Ugotovili so, da z oddaljenostjo od takih površin upada tako število kot

pestrost oprasovalcev (Martins in sod. 2015). V raziskavi Rickettsa in sod. (2008) se njihovo število razpolovi 600 m, pestrost pa 1500 m od naravnih površin. Garibaldi in sod. (2011) so ugotovili, da z oddaljenostjo od naravnih površin število medonosnih čebel ne upada, upadeta pa število divjih oprasovalcev in količina pridelka.

Izboljšanje opraševanja se lahko doseže že s preprostimi ukrepi. V raziskavi Blaauwa in Isaacs (2014) so v nasadih ameriških borovnic prehranske možnosti za oprasovalce izboljšali s sajenjem 15 različnih vrst avtohtonih trajnic in štiri leta spremljali število oprasovalcev in pridelok. Ugotovili so, da ukrep ni vplival na število medonosnih čebel, medtem ko se je število divjih čebel in muh trepetavk iz leta v leto povečevalo. Že tri leta po ukrepu se je v primerjavi s kontrolnimi nasadi povečal tudi pridelok, naložba pa se je ob povprečni ceni pridelka povrnila v štirih letih. Število in pestrost oprasovalcev lahko povečamo tudi s povečanjem pestrosti travnikov v okolici nasadov (Orford in sod. 2016).

## ZAKLJUČKI

Kljub veliki ekonomski vrednosti divjih čebel je velika večina raziskovalne pozornosti v Sloveniji namenjena medonosni čebeli. Stanje populacij divjih čebel je posledično zelo slabo raziskano, raziskav o njihovem pomenu v kmetijstvu in zdravstvenem stanju v Sloveniji sploh ni. Rezultatov tujih raziskav ne moremo enostavno prenesti, saj se je pokazalo, da so prispevki posameznih oprasovalcev na isti kulturi v različnih delih Evrope zelo različni, kar je posledica tako različnih združb oprasovalcev kot drugih dejavnikov, kot so intenzivnost kmetijstva, velikost nasadov in vpliv sort. Slovenska posebnost je tudi razmeroma visoka gostota čebeljih družin. Zaradi vsega naštetega so za objektivno oceno pomena divjih čebel za opraševanje kmetijskih rastlin nujne raziskave v Sloveniji.

Zaradi upadanja populacij oprasovalcev se ponekod po svetu že soočajo s tako imenovano krizo opraševanja. Zaradi podnebnih in drugih okoljskih sprememb, pa bo zanesljivost opraševanja v prihodnosti vse manjša, kar ogroža stabilno pridelavo hrane in s tem prehransko varnost. Pomen pestrosti oprasovalcev bo v prihodnosti zato še večji, saj bo zaradi podnebnih sprememb, ki se pri nas kažejo kot neugodno vreme v času cvetenja, ko medonosna čebela lahko povsem odpove, vloga divjih oprasovalcev, zlasti

čmrljev, ki so dejavni tudi v dežju, mrazu in vetru, še večja.

Pestrost oprasovalcev je pomembna za ohranjanje pestrosti rastlinskih združb (Fontaine in sod. 2006). Upadanje populacij oprasovalcev tako ne ogroža samo kmetijstva, ampak tudi naravne ekosisteme. Ob izginjanju rastlinskih vrst odvisnih od opraševanja, bi prišlo do velikih sprememb ekosistemov, kar bi zelo vplivalo na njihovo delovanje.

Naravne danosti, kot so hribovitost in s tem povezana velika gozdnatost in zahtevna obdelava v Sloveniji, onemogočajo razvoj intenzivnega kmetijstva na tako velikih površinah, kot prevladuje v večjem delu zahodne Evrope. Potencial divjih oprasovalcev je pri nas zato razmeroma velik, a zaradi nepoznavanja njihovega pomena in potreb slabo izkoriščen. Brez strategije upravljanja populacij divjih oprasovalcev ga lahko tudi hitro izgubimo.

Za pripravo strategije upravljanja populacij divjih oprasovalcev v kmetijstvu v Sloveniji je ključnega pomena poznavanje njihove vloge pri opraševanju kmetijskih rastlin, kar skupaj s tujimi spoznanji omogoča pripravo ukrepov za njihovo trajnostno rabo.

## LITERATURA

- Abrol, D. P (2012) *Pollination biology*. Springer, London. 792 str.
- Aizen, M.A., Harder, L.D. (2009) The Global Stock of Domesticated Honey Bees Is Growing Slower Than Agricultural Demand for Pollination. *Current Biology*, 19: 1-4.
- Andresson, G.K.S, Rundlöf, M., Smith, H.G. (2012) Organic Farming Improves Pollination Success in Strawberries. *PLOS one*, 7 (2): e311599.
- Arena, M., Sgolastra F. (2014) A meta-analysis comparing the sensitivity of bees to pesticides. *Ecotoxicology*, 23, 324-334.
- Bevk, D. (2007) Dejavnost čmrljev preko dneva in sezone. *Acta Entomologica Slovenica*, 15, 2: 113-120.
- Blaauw, B.R., in Isaacs, R. (2014) Flower planting increase wild bee abundance and the pollination services provided to a pollination-dependent crop. *Journal of Applied Ecology*, 51: 890-898.
- Breeze, T.D, Vaissie, B.E., Bommarco R., Petanidou T., Seraphides N., Koza L, Scheper J., Biesmeijer J.C., Kleijn, D., Gyldenkerne, S, Moretti, M., Holzschuh, A., Steffan-Dewenter, I., Stout, J.C., Partel, M., Zobel, M., Potts, S.G. (2014) Agricultural policies exacerbate honeybee pollination service supply-demand mismatches across Europe. *PLOS ONE* 9(1): doi:10.1371/journal.pone.0082996.
- Evison, S.E.F., Roberts, K.E., Laurenson, L., Pietralle, S., Hui, J., Biesmeijer J.C., Smith, J.E., Budge G., Hughes, W.O.H., (2012) Pervasiveness of Parasites in Pollinators. *PLOS ONE*, 7 (1): e30341.
- Fontaine, C., Dajoz, I., Meriguet, J.M., Loreau, M. (2006) Functional Diversity of Plant-Pollinator Interaction Webs Enhances the Persistence of Plant Communities. *PLOS Biology*, 4 (1): 129-135.
- Fürst, M.A., McMahon, D.P., Osborne, J.L., Paxton, R.J., Brown, M.J.F. (2014) Disease associations between honeybees and bumblebees as threat to wild pollinators. *Nature*, 506: 12977.
- Gallai, N., Salles, J.M., Settele, J., Vaissiere, B.E. (2009) Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological economics* 68, 810-821.
- Garratt, M.P.D., Breeze, T.D., Jenner, N., Biesmeijer, J.C., Potts, S.G. (2014) Avoiding a bad apple: Insect pollination enhances fruit quality and economic value. *Agriculture, Ecosystem and environment*, 184, 34-40.
- Garibaldi, L.A., Dewenter, I.S., Kremen, C., Morales, J.M., Bommarco, R., Cunningham, S.A., Carvalheiro, L.G., Chacoff, N.P., Dudenho, J.H., Sarah S. Greenleaf, Holzschuh, A., Isaacs, R., Krewenka, K., Mandelik, Y., Mayfield, M.M., Morandin, L.A., Potts, S.G., Ricketts, T.H., Szentgyorgyi, H., Viana, B.F., Westphal, C., Winfree, R., Klein, A.M. (2011) Stability of pollination services decreases with isolation from natural areas despite honey bee visits. *Ecology letters*, 14, 1062-1072.
- Garibaldi, L. A, Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M.A., Bommarco, R., Cunningham, S.A., Kremen, C., Carvalheiro, L.G., Harder, L.D., Afik, O., Bartomeus, I., Benjamin, F., Boreux, V., Cariveau, D., Chacoff, N.P., Dudenhöffer, J.H., Freitas, B.M., Ghazoul, J., Greenleaf, S., Hipólito, J., Holzschuh, A., Howlett, B., Isaacs, R., Javorek, S.K., Kennedy, C.M., Krewenka, K.M., Krishnan, S., Mandelik, Y., Mayfield, M.M., Motzke, I., Munyuli, M., Nault, B.A., Otieno, M., Petersen, J., Pisanty, G., Potts, S.G., Rader, R., Ricketts, T.H., Rundlöf, M., Seymour, C.L., Schüepp, C., Szentgyörgyi, H., Taki, H., Tscharntke, T., Vergara, C.H., Viana, B.F, Wanger, T.C., Westphal, C., Williams, N., Klein A.M. (2013) Wild Pollinators Enhance Fruit Set of Crops Regardless of Honey Bee Abundance. *Science*, 339: 1608-1611.
- Gill R.J., Ramos Rodriguez O., Raine N.E. (2012) Combined pesticide exposure severely affects individual- and colony-level traits in bees. *Nature*, 491: 105-108.
- Gogala A. (2014) *Čebele Slovenije*. Ljubljana, Založba ZRC, 180 str.
- Goulson, D. (2012) *Bumblebees: behaviour, ecology and conservation*. Oxford, Oxford university press, 317 str.
- Goulson, D., Hughes, W.O.H. (2015) Mitigating the anthropogenic spread of bee parasites to protect wild pollinators, *Biological conservation*, 191: 10-19.
- Grad J., Gogala A., Kozmus P., Jenič A., Bevk D. (2011) Pomembni in ogroženi opraševalci, Čmrlji v Sloveniji. *Lukovica, Čebelarska zveza Slovenije*, 123. str.
- Graystock, P., Yates, K., Evison, S. E., F., Darvill, B., Goulson, D. Hughes W. O. H., (2013) The Trojan hives: pollinator pathogens, imported and distributed in bumblebee colonies. *Journal of Applied Ecology*, 50: 1207–1215.
- Graystock, P, Goulson, D., Hughes, W.O.H. (2014) The relationship between managed bees and the prevalence of parasites in bumblebees. *PeerJ*, DOI 10.7717/peerj.522.
- de Groot, M., Bevk, D. (2012) Ecosystem services in phenology of hoverflies (Diptera: Syrphidae) in a Slovenian forest stand. *Research gate*.
- Herrera, C.M. (1989) Pollinator abundance, morphology, and flower visitation rete: analysis of the “quantity” component in a plant-pollinated system. *Oecologia*, 80: 241-248.
- Hoehn, P., Tscharntke, T., Tylianakis, J.M., Steffan-Dewenter, I. (2008) Functional group diversity of bee

- pollinators increases crop yield. *Proceedings of the royal society*, 275, 2283-2291.
- Hokkanen, H. M. T., Menzler-Hokkanen, I. M., Lähdenperä (2015) Managing Bees for Delivering Biological Control Agents and Improved Pollination in Berry and Fruit Cultivation. *Sustainable Agriculture Research*, 4 (3): 89-102.
  - Kozmus, P. (2007) Karakterizacija vrst in populacij čmrljev (*Bombus*, Latreille in Psithyrus, Lepeletier) v Sloveniji na osnovi morfoloških in molekularnih markerjev. Biotehniška fakulteta, doktorska disertacija, 97 str.
  - Orford, K.A., Vaughan, I.P., Memmott, J. (2015) The forgotten flies: the importance of non-syrphid Diptera as pollinators. *Royal society publishing*, 282: 20142934. <http://dx.doi.org/10.1098/rspb.2014.2934>.
  - Orford, K., Murray P.J., Vaughan, I.P., Memont, J. (2016) Modest enhancement to conventional grassland diversity improve the provision of pollination services. *Journal of Applied Ecology*, doi: 10.1111/1365-2664.12608
  - Mallinger, R.E., Gratton, C.G. (2015) Species richness of wild bees, but not the use of managed honeybees, increases fruit set of a pollinator-dependent crop. *Journal of Applied Ecology*, 52:323-330.
  - Martins, K.T., Gonzalez, A., Lechowicz, M.J. (2015) Pollination service are mediated by the bee functional diversity and landscape context. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 200: 12-20.
  - Meeus, I., Brown, M.J.F., Graaf, D.C., Smagghe, G. (2011) Effects of Invasive Parasites on Bumble Bee Declines. *Conservation Biology*, 25 (4): 662-671.
  - Mommaerts V., Reynders S., Boulet J., Besard L., Sterk G., Smagghe G. (2010) Risk assessment for side-effects of neonicotinoids against bumblebees without impairing foraging behavior. *Ecotoxicology*, 19: 207-215.
  - Nieto, A., Roberts, S.P.M., Kemp, J., Rasmont, P., Kuhlmann, M., Criado, M.G., Biesmeijer, J.C., Bogusch, P., Dathe, H.H., De la Rúa, P., De Meulemeester, T., Dehon, M., Dewulf, A., Ortiz-Sánchez, F.J., Lhomme, P., Pauly, A., Potts, S.G., Praz, C., Quaranta, M., Radchenko, V.G., Scheuchl, E., Smit, J., Straka, J., Terzo, T., Tomozii, B., Window, J., Michez, D. (2014) European red list of bees. Luxembourg: Publication Office of the European Union. 84 str.
  - Park, M.g., Raugoso R.A., Losey J.E., Danforth B.N. (2016) Per-visit pollinator performance and regional importance of wild *Bombus* and *Andrena* (*Melandrena*) compared to the managed honey bee in New York apple orchards. *Apidologie*, 47: 145-160.
  - Poklukar, J. (1998) Čebele in opraševanje, v *Od čebele do medu*, Založba kmečki glas, Ljubljana, 178-182.
  - Potts, S.G., Roberts, S.P.M., Dean, R., Marris, G., Brown, M.A., Jones, R., Neumann, P., Settele, S. (2010a) Declines of managed honey bees and beekeepers in Europe. *Journal of Apicultural Research*, 4 (1): 15-22.
  - Potts, S., Biesmeijer, J.C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., Kunin, W.E. (2010b) Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trend in Ecology and Evolution*, 25 (6): 345-353.
  - Potts, S., Biesmeijer, K., Bommarco, R., Breeze, T., Carvalheiro, L., Franzen, M., Gonzalez-Varo, J.P., Holzschuh, A., Kleijn, D., Klein, A.-M., Kunin, B., Lecocq T., Lundin, O., Michez, D., Neumann, P., Nieto, A., Penev, L., Rasmont, P., Ratamaki, O., Rie-dinger, V., Roberts, S.P.M., Rundlof, M., Scheper, J., Sorensen, P., Steffan-Dewenter I., Stoev, P., Vila, M., Schweiger O. (2015) Status and trends of European pollinators. Pensoft Publishers, Sofia, 72 str.
  - Rasmont, P., Franzén, M., Lecocq, T., Harpke, A., Roberts, S.P.M., Biesmeijer, J.C., Castro, L., Cederberg, B., Dvorák, L., Fitzpatrick, Ú., Gonseth, Y., Haubruge, E., Mahé, G., Manino A., Michez, D., Neumayer, J., Rdegaard, F., Paukkunen, J., Pawlikowski, T., Potts, S.G., Reemer, M., J. Settele, J. Straka, Schweiger, O. (2015) Climatic Risk and Distribution Atlas of European Bumblebees. Pensoft Publishers, Bulgaria, 236 str.
  - Rdeči seznam kožekrilcev (Hymenoptera), pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst na Rdeči seznam, Uradni list RS, št. 82/02, priloga 14
  - Ricketts T.H., Dewenter, I.S., Cunningham, S.A., Kremen, C., Bogdanski, A., Herren, B.G., Greenleaf, S.S., Klein, A.M., Mayfield, M.M., Morandin, L.A., Ochieng, A. Viana, B.F. (2008) Landscape effects on crop pollination service: are there general patterns? *Ecology Letters*, 11: 499-515.
  - Sandrock C., Tanadini L.G., Pettis J.S., Biesmeijer J.C., Potts S.G., Neumann P. (2014) Sublethal neonicotinoid insecticide exposure reduces solitary bee reproductive success. *Agricultural and Forest Entomology*, 16, 2: 119-128.
  - Smith, M.R., Singh, G.M., Mozaffarian, D., Myers, S.S. (2015) Effects of decreases of animal pollinators on human nutrition and global health: modeling analysis. *Lancet* 386, 1964-72. [http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736\(15\)61085-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0140-6736(15)61085-6).
  - Thompson H. (2001) Assessing the exposure and toxicity of pesticides to bumblebees (*Bombus sp.*). *Apidologie*, 32, 305-321.
  - Thomson, J.D., Goodell, K. (2001) Pollen removal and deposition by honeybee and bumblebee visitors to apple and almond flowers. *Journal of Applied Ecology*, 38: 1032-1044.
  - Thompson H.M., Hunt L.V. (1999) Extrapolating from Honeybees to Bumblebees in Pesticide Risk Assessment. *Ecotoxicology*, 8, 3: 147-166.
  - Thorp, R.W. (2000) The collection of pollen by bees. *Plant Syst. Evol.*, 222: 211-223
  - Vaissiere, B.E., Freitas, B.M., Gemmil-Herren, B. (2011) Protocol to detect and assess pollination deficits in crops: a handbook for its use. FAO, Rim, 70 str.
  - Woodcock B.A., Isaac N.J.B., Bullock J.M., Roy D.B., Garthwaite D.G., Crowe A., Pywell R.F. (2016)

Impacts of neonicotinoid use on long-term population changes in wild bees in England. *Nature communications*. 7:12459

- Whitehorn P.R., O'Connor, Wackers F.L.W, Goulson D. (2012) Neonicotinoid Pesticide Reduces Bumble Bee Colony Growth and Queen Production. *Science*, 336: 351-352.
- Winfree R., Williams N.M., Gaines H., Ascher J.S., Kremen C. (2008) Wild bee pollinators provide the majority of crop visitation land-use gradients in New Jersey and Pennsylvania, USA. *Journal of Applied Ecology*, 45, 793-802.