

Medonosna pčela (*Apis mellifera*) u biomonitoringu onečišćenja okoliša



Saša Zavrtnik*, Jelena Loborec, Ivana Grčić i Damir Žubčić

Sažetak

Neupitna je iznimno važna uloga koju pčele imaju u prirodi kao oprašivači biljaka i proizvođači određenih nezamjenjivih prirodnih proizvoda. No, u posljednje vrijeme sve se češće pčele spominju kao žrtve onečišćenja okoliša koje predstavlja stvarnu prijetnju njihovom opstanku. Pčele su opnokrilasti kukci koji broje oko 20 000 poznatih vrsta, a nama najpoznatija i najbliža je medonosna pčela, odnosno siva kranjska pčela (*Apis mellifera carnica*). Pčele su zaslužne za 87,5 % oprašivanja kod biljaka cvjetnjača, što je posebno važno u poljoprivrednoj proizvodnji, dok se direktna korist od medonosnih pčela očituje i u pčelinjim proizvodima kao što su: med, vosak, propolis, pelud, otrov, matična mliječ. Stoga je ključno otkriti

i pratiti na koji način i u kojoj mjeri onečišćivala poput teških metala i pesticida, iz vode, tla i zraka dospijevaju u biljke i njihove produkte kao i u same pčele. Sve se ono što pčele proizvode za sebe i ljudsku uporabu može odraziti na njihovo i na ljudsko zdravlje. Ovdje je potrebno sagledati cjelokupnu povezanost između, uvjetno rečeno, nežive prirode, tvari u vodi, tlu i zraku, s okolišnim uvjetima poput sve izraženije promjene staništa i klimatskih promjena te cjelokupni utjecaj na pčelinje populacije koje su se pokazale kao neprocjenjivi biopokazatelji u biomonitoringu onečišćenja okoliša.

Ključne riječi: *Apis mellifera*, medonosna pčela, onečišćenje okoliša, med, teški metali i pesticidi, klimatske promjene

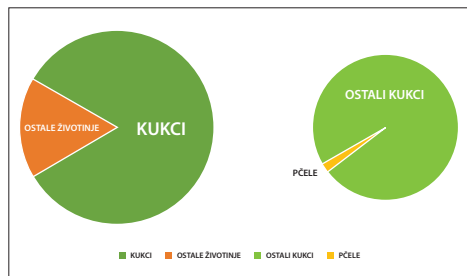
Uvod

Danas na svijetu u životinjskom carstvu postoji oko 1 200 000 opisanih vrsta (Kiprop, 2018.). Najveće koljeno u carstvu životinja jest *Arthropoda*, to jest člankonošci u koje spada najbrojniji životinjski razred *Insecta*, odnosno kukci. Kukaca ima oko 800 000 i 1 000 000 opisanih vrsta. Tako su gotovo

80 % svih životinja na Zemlji upravo kukci. Od tridesetak redova kukaca red *Hymenoptera*, odnosno opnokrilci, broji oko 198 000 vrsta i od svih redova kukaca za ljudsku vrstu zasigurno je najkorisniji. Razlog tome jest taj što su većina pripadajućih vrsta tog reda kukci oprašivači i čak 20 000 vrsta su

Saša ZAVRTNIK*, dr. med. vet., (dopisni autor, e-mail: zavrtnik@gfv.hr), dr. sc. Jelena LOBOREC, dipl. ing. geoteh., docent, dr. sc. Ivana GRČIĆ, dipl. kem. ing., docent, Geotehnički fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Varaždin, Hrvatska; dr. sc. Damir ŽUBČIĆ, dr. med. vet., redoviti profesor, Veterinarski fakultet Sveučilišta u Zagrebu, Hrvatska

pčele (Slika 1). Porodica pčela *Apidae* broji oko 1000 vrsta po čitavom svijetu. O njima ovisi oprašivanje većine biljaka cvjetnica. Kao i bumbari, pčele su zadružni kukci, no za razliku od njih pčele žive u složenim kolonijama koje opstaju i tijekom zime. Medonosna pčela *Apis mellifera* L. svoje podrijetlo ima u JI Aziji i opće poznati je kukac (Zahradnik, 2000., Borovac, 2001.). Cilj pregleda u ovom radu jest, s obzirom na veliku važnost pčela u ekosustavima, prikazati i njihovu važnost kao bioloških pokazatelja prisutnosti onečišćenja u okolišu s kojim su one kao i ljudi neraskidivo povezane. Za to će biti korištena aktualna literatura s dotičnog područja koja osvjetljava razmatranu problematiku i pruža dobar i kvalitetan pregled opasnosti koje prijete pčelama od antropogeno izazvanih onečišćenja. Isto će predstavljati dobru podlogu za daljnja istraživanja na lokalnoj razini sa svrhom razjašnjavanja i sprječavanja nestanka pčela i posljedično tome nastanka mogućih opasnosti za ljude.



Slika 1. Dijagram udjela pčela u svijetu kukaca, odnosno carstvu životinja (Zavrtnik i sur., 2019.)

Životinje sudjeluju u oprašivanju oko 87,5 % cvjetnjača (*Angiospermae*) gdje su pri samom vrhu kao najvažniji oprašivači u mnogim ekosustavima upravo pčele (Brown i Paxton, 2009., European Commission, 2019.). Najpoznatije zadružne vrste pčela zasigurno su medonosne pčele i bumbari, međutim u svjetskim razmjerima zadružne vrste pčela u uspo-

redbi sa solitarnima čine tek 6 % ukupne raznolikosti pčela (European Commission, 2019.). No dobro je navesti podatak koji govori da je oko četvrtine pčela u prosječno dobro razvijenoj zajednici, a to je otprilike 10 000 radilica od 40 000 pčela, aktivno u oprašivanju kroz sakupljanje nektara i/ili peludi. Svaka od njih učini 12 do 15 letova dnevno, a potrebno im je običi otprilike 100 cvjetova jabuke da bi napunile svoj medni mjehur (Celli i Maccagnani, 2003.). Zbog toga su iznimno ekološki i ekonomski važni organizmi i neposredni pokazatelji stanja u okolišu što upućuje na to da pčele mogu biti korištene i u biomonitoringu.

Biologija medonosne pčele (*Apis mellifera* L.)

Na našem području, kao i na području zapadnog Balkana, obitava soj pčele siva kranjska pčela *Apis mellifera carnica* nazvana i sivka. Kozmopolitska je vrsta potpuno prilagođena biljnoj ishrani nektarom i peludi, odnosno oprašivanju razolikih biljnih vrsta (Slika 2).

Napomene radi, osim nektara pčele mogu sakupljati i tzv. mednu rosu, slatkastu tekućinu koju izlučuju biljne uši.

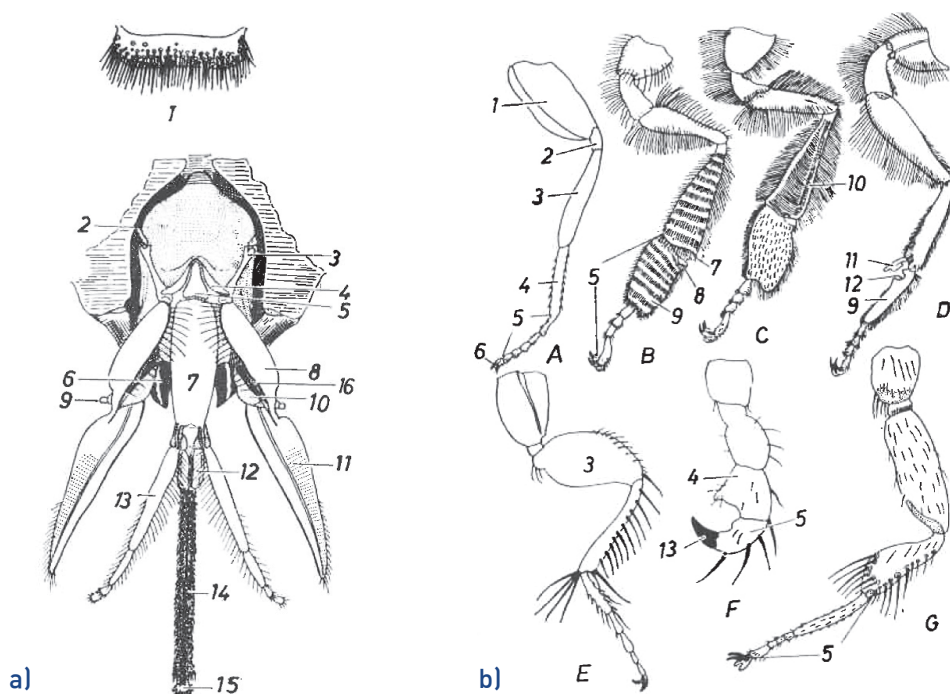
Medonosna pčela je veličine od 12 - 20 mm. Živi u mnogobrojnim zajednicama s tri kaste kojima u pravilu putem feromona upravlja samo jedna kraljica - matica. Ona je jedina spolno zrela ženka sposobna za reprodukciju koja polaže oplođena i neoplođena jajašca. Iz oplođenih jajašaca razvijaju se radilice, kojih je u zajednici najviše, a one su ženke nesposobne za reprodukciju. Iz neoplođenih jajašaca koje matica polaže u proljeće pred rojenje razvijaju se trutovi, mužjaci koji oplođuju mladu maticu. Radilice obavljaju većinu poslova u košnici i izvan nje, a to su: sakupljanje nektara, peludi, smole, donošenje vode, hranjenje ličinki, čišćenje košnice, brigu oko matice, ventiliranje košnice i mnoge druge poslove. Jedna od najvažnijih

zadaća pčela radilica je i izrada saća od voska kojeg same izlučuju u određenoj dobi i pod određenim uvjetima. Smatra ju se domaćom životinjom, iako zapravo nikad nije u potpunosti domesticirana. Razmnožava se rojenjem gdje dio starijih pčela s maticom napušta košnicu i traži novu postojbinu. Zimi na poseban način hibernira u takozvanom „zimskom klupku“ (Zahradnik, 2000., Tucaković i sur., 2009.). Zajednice mogu imati i više desetaka tisuća članova. Siva kranjska pčela poznata je po umjerenom sklonosti rojenju i blažem temperamentu. Ono što ju uza sve posebno ističe u kontaktu s okolišem je njezino tijelo gusto obraslo dlacicama koje povećavaju dodirnu površinu jedinice sa zrakom i biljkama u kojem i na kojima može biti čestičnog, aerosolnog ili drugog onečišćivala

(Zavrtnik i sur., 2019.) što je vrlo važno pri prijenosu tog onečišćenja u košnicu i posljedično kontaminaciji pčelinjih proizvoda.

Opasnosti koje prijete pčelama i rezultiraju njihovim izumiranjem

Pčela ima oko 20 000 opisanih vrsta, od čega je približno 10 % raznolikosti pčela vezano uz Europu, (European Commission, 2019.) no unatoč toj naizgled velikoj brojci opstanak im je svejedno ugrožen. Opasnosti koje prijete pčelama očite su i iz dana u dan uzimaju sve veći obol, prijete im raznorazna onečišćenja poput onih od teških metala, a tu su i sveprisutni

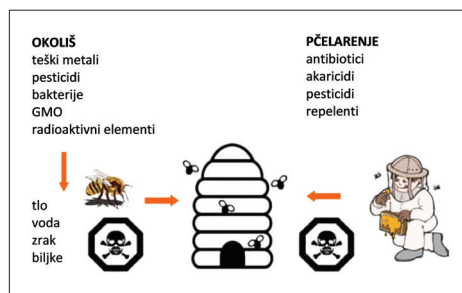


Slika 2. a) Usni aparat medonosne pčele s ključnim anatomskim dijelovima (pilo) prilagođenim za lizanje, odnosno pijenje cvjetnog nektara. **b)** Noga medonosne pčele s ključnim anatomskim dijelovima (kotarica, gornji red, treća) prilagođenim za sakupljanje peludi (Matoničkin i sur., 1999.).

pesticidi, kontinuirano ih prate i bolesti, a u sve nepovoljnijoj situaciji doprinosi i promjena staništa te klimatske promjene. Pčele se po tom pitanju pomnije prati još od 1962. godine kada je Svoboda objavio izvješće o porastu radionuklida Sr 90 u okolišu. Stanje u okolišu generalno se može na pčele odraziti ili promijenjenom, odnosno povećanom stopom mortaliteta ili su tragovi onečišćenja prisutni u samim pčelama i njihovim proizvodima (Celli i Maccagnani, 2003.).

Pčele, baš kao i njihovi produkti, mogu biti onečišćeni i to prema Bogdanovu iz dva osnovna izvora, a oni su pčelarenje i okoliš. Vezano uz pčelarsku praksu glavni izvori onečišćenja su akaricidi i antibiotici, a u nešto manjoj mjeri tu je i paradiklorobenzen kao aktivna tvar u sredstvu protiv voskovog moljca. Onečišćivala iz okoliša su: teški metali, radioaktivni izotopi, organska onečišćenja, pesticidi (baktericidi, fungicidi, herbicidi, insekticidi), patogene bakterije i genetski modificirani organizmi. U svom istraživanju prednost po opasnosti daje se onečišćenju prouzročenom pčelarenjem pa su u među opasni antibiotici, u vosku akaricidi, u propolisu akaricidi i Pb, u peludi pesticidi, a u matičnoj mlijечи antibiotici (Slika 3) (Bogdanov, 2006.). Isto potvrđuje i Bargańska navodeći pčele i njihove proizvode kao dobre indikatore toksičnih tvari u okolišu ponovo navodeći teške metale, radioaktivne elemente i pesticide (Bargańska, 2016.). Zanimljivo je i domaće istraživanje mikroorganizama prisutnih u 40 uzoraka meda s područja sjeverozapadne Hrvatske. Iako se ovaj rad ne bavi ranije spomenutim vidom onečišćenja pčela i njihovih proizvoda, navedeno je kako i za bakterije, gljivice i plijesni u među također postoje dva izvora onečišćenja; to su tlo, zrak (prašina), biljke (nektar i pelud) te same pčele, odnosno tu je važan i način pčelarenja to jest dobra pčelarska proizvođačka praksa (obrada, rukovanje i skladištenje). Time

je ukazano na to da i živi kontaminanti, kao i oni neživi, u pčele i med dolaze iz gotovo istih izvora onečišćenja (Kiš i sur., 2019.).



Slika 3. Osnovni izvori kontaminacije pčela i njihovih proizvoda (prema Bogdanov, 2006.)

Bolesti pčela

Bolesti koje ozbiljno ugrožavaju opstanak naše medonosne pčele, ukoliko ih se ne drži pod kontrolom, a koje će ovdje biti navedene i međusobno su povezane jesu: varoza i američka gnjiloća pčelinjeg legla. Varoza je bolest koji prouzroči nametnik *Varroa destructor* (ranije poznata kao *Varroa jacobsoni*). To je vanjski parazit koji se hrani hemolimfom pčela slabeći njihov organizam. Bolest nije autohtona našoj vrsti pčele već je unesena u prošlom stoljeću na naš kontinent i u našu zemlju iz Azije gdje je domaća ondašnjoj divovskoj indijskoj pčeli (*Apis dorsata*) koja je na nju otpornija i može se sama čistiti od spomenutog nametnika. U bivšoj Jugoslaviji varoza je zabilježena 1976. godine u Srbiji, a 1978. godine zabilježena je i njena pojava u Hrvatskoj. *Apis mellifera* se ne može sama braniti od varoe pa joj je potreban kontinuirani antiparazitski tretman, odnosno liječenje zajednica. Uz ovu bolest nadovezuje se druga, američka gnjiloća pčelinjeg legla, čiji je uzročnik bakterija *Paenibacillus larvae* koja napada pčelinje leglo i kao i što sam naziv govori prouzroči njegovo propadanje, odnosno gnjiljenje. Uzročnika prenosi upravo varoa, a

pogoduje mu uzročno posljedična oslabljenost imunosti pčela i kolonije (Sulimanović, 1995.). Ova se bolest po zakonu mora suzbijati uništavanjem čitave pčelinje zajednice.

S druge strane svijeta, zanimljiv je primjer istraživanja utjecaja parazita i bolesti na pčelinje zajednice u Keniji, Istočna Afrika. Tamo je ustvrđeno da tek nedavno introducirane *Varroa*, s njome povezani virusi, kao i *Nosema* nemaju utjecaj na zdravlje pčelinje zajednice u vidu smanjenja broja pčela u zajednici ili prijetnje njihovom opstanku. Isto tako toksične tvari poput pesticida iz okoliša još ih uvijek ne opterećuju. Tamošnje pčele ostaju otporne odnosno tolerantne prema spomenutim bolestima, a koje itekako prijete pčelama u drugim dijelovima svijeta (Muli i sur., 2014.).

Teški metali

Onečišćenja koja prijete pčelama dolaze iz različitih izvora, a uključuju teške metale i pesticide. Med prirodno sadrži mnoge metale u svom sastavu koji primarno potječu iz tla, odnosno nektara medonosnih biljaka. No određeni metali mogu u pčele i njihove proizvode, ponajprije med, doći zbog antropogenog utjecaja. To su metali Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn i drugi. Oni potencijalno mogu predstavljati opasnost za zdravlje pčela i ljudi. Teški metali također smanjuju kvalitetu pčelinjih proizvoda, ali mogu biti i indikatori onečišćenja okoliša. Dokazivati ih se može atomskom apsorpcijskom i emisijskom spektrometrijom (Pohl, 2009.).

Sveukupno u medu ima oko 0,1-0,2 % minerala ukoliko se radi o medu podrijetlom iz nektara, dok je taj postotak veći i može prijeći 1 % kod meda podrijetlom iz medne rose. Od minerala, metali ponajviše potječu iz tla u kojem određena biljka raste tako da sastav metala u medu ovisi o njihovoj koncentraciji u tlu i o njegovim geološkim i geokemijskim svojstvima. No ovisi i o tipu medonosne

biljke, gustoći i sastavu nektara. Naime, u medu s obalnih područja ili otoka moguća je i do deset puta veća koncentracija Na i K, odnosno alkalijskih metala s obzirom na druga područja. Tako je sadržaj metala u medu od pomoći pri određivanju podrijetla meda s obzirom na njegovo botaničko i geografsko podrijetlo (Pohl, 2009.).

Najzastupljeniji metal u medu jest K kojeg može biti od 45-85 % od ukupnih minerala. Slijede Na, Ca i Mg. U sredini po zastupljenosti su Cu, Fe, Zn i Mn. Tamnije sorte meda sadrže veće količine makro i mikro elemenata nego svjetlije sorte. Boja tamnijih sorti povezuje se s koncentracijom Cd, Fe i Pb, dok su u svjetlijim sortama prisutni Al i Mg (Pohl, 2009.).

Međutim, spomenutih teških metala u medu može biti i zbog antropogenog utjecaja. Ukoliko su oni prisutni u vodi, tlu i zraku na području gdje pčele izlaze na pašu za očekivati je da će ih biti i u medu. Do toga može doći u blizini rudnika, industrijskih središta, urbanih područja, autocesta pa koncentracije Al, Ba, Ca, Cd, Cu, Mg, Mn, Ni, Pb, Pd i/ili Zn mogu biti povišene. Navodi se da je aromatsko bilje sklonije koncentriranju onečišćivala, odnosno teških metala od zeljastih biljaka. Prema tome med kao pčelinji proizvod može biti smatran biomarkerom, odnosno biološkim pokazateljem onečišćenja u okolišu ukazujući na onečišćenje prisutno u vodi, tlu i/ili zraku. Naravno, to je podložno bioakumulacijskim svojstvima određenih medonosnih biljaka, zatim promjenama u godišnjim dobima vezano uz padaline kao i onima u klimi. Nadalje, navodi se i da metali poput Zn, Cu, Cr, Ni, Al i Pb imaju povezanost s onečišćenjem u okolišu. Određivanje prisutnosti i koncentracija teških metala u medu je vrlo važno i iz aspekta ne samo monitoringa stanja u okolišu već i zbog odražavanja na zdravlje ljudi (Pohl, 2009.).

Teški metali poput Cd i Zn, primjerice, prisutniji su na pčelama, Pb je prisutnije u pčelinjem organizmu dok je u svim njihovim proizvodima zabilježena veća koncentracijama teških metala kod iznimno urbanih raskrižja, na udaljenosti od svega 50 metara (Leita i sur., 1996.). Dobar primjer je i analiza spomenutih metala u medu provedena u Turskoj gdje se navodi da je med iz urbane regije s industrijom sadržavao veće koncentracije Cu, Mn, Zn, Ni, Se i Fe nego li med iz manje urbane regije bez industrije. Isto tako navodi se zaključak da med može biti pouzdan biološki marker za onečišćenje teškim metalima (Tuzen i sur., 2007.). No, provedene su i analize određenih teških metala ne samo u medu već i na pčelama te u pčelama gdje se pokazalo kako Pb ima više u pčelama, dok je Cr više nađeno na pčelama (Porrini i sur., 2003.a). Pčele tako pokazuju i onečišćenje prisutno u zraku.

Potvrdu biomonitoringa teških metala i metaloida poput Cu, Zn, Pb, Cd, Co, Ni, Mn i Fe u okolišu potvrđuje i primjer iz Bugarske. U njemu je uz povezanost spomenutih onečišćivala u tlu i zraku te pčelama lijepo dokazana akumulacija istih u pčelinjem fecesu u usporedbi s manjom koncentracijom u ostatku pčelinjeg tijela što se posebno odnosi na metale Ni, Cd, Co i Pb (Zhelyazkova, 2012.). Pčele kao biopokazatelj onečišćenja teškim metalima u tlu, vodi, biljkama i zraku pokazalo je i ispitivanje koncentracije teških metala u pčelama provedeno u Kurdistanu, zapadni Iran. Tu je istaknuto da teški metali ne uzrokuju mortalitet pčela već se u njihovim tijelima akumuliraju. Zapaženo je da je njihova koncentracija veća u tijelu pčela nego li u medu što može značiti da pčele na neki način pročišćavaju finalni produkt u svom organizmu (Sadeghi i sur., 2012.). Iste godine objavljen je članak o analizi prisutnosti Pb u uzorcima pčela, meda i peludi uzetih s 18 pčelinjaka u dvije pčelarske

sezone na području zapadne Francuske gdje je ustvrđeno da je ono prisutnije u uzorcima s urbanog i industrijaliziranog područja s prometnicama i željeznicom nego li u onima iz područja koje je više kultivirano ili otočno. Zamijećeno je i da je Pb prisutnije u uzorcima sakupljenim za vrijeme sušne sezone te kako su pčele pogodne za praćenje razlika u prostornoj i vremenskoj raspodjeli Pb (Lambert i sur., 2012.b).

U Istočnoj Slovačkoj ne tako davno provedeno je ispitivanje koncentracije Hg u pčelama i njihovim proizvodima kao što su med i pelud. Žive u okolišu ima iz prirodnih, ali i sveprisutnih antropogenih izvora kao što su industrija proizvodnje NaOH, boja, cementa, zatim izgaranje fosilnih goriva poput ugljena u toplanama, iz otpada, u pesticidima. Znatna povezanost potvrđena je između lokaliteta i koncentracije Hg u tijelu pčela, odnosno u peludi (Toth i sur., 2016.). Nadalje, praćena je i koncentracija 11 elemenata u tragovima, koji uključuju i teške metale, u Trstu, lučkom i industrijskom gradu na sjeveroistoku Italije, gdje je također potvrđeno da su pčele važne u ekotoksikološkoj procjeni stanja tla, vode i zraka. Znatno je povećana koncentracija Cr i Cu u uzorcima iz urbanog područja, dok je koncentracija Cd povećana u suburbanom industrijskom području (Giglio i sur., 2017.). Na području Bosne i Hercegovine te Republike Hrvatske također je određivan spektar makro i mikroelemenata u uzorcima meda između kojih su određivani i toksični metali. Analize su rađene na 46 uzoraka bagremovog i cvjetnog meda, a određivani su makroelementi Ca, Mg, Na, zatim mikroelementi Ag, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Se, Zn i toksični metali Al, As, Ba, Cd i Pb. Istraživanje je pokazalo da postoje odstupanja u koncentracijama pojedinih elemenata u medu za Al, Ba, Ca, Na, Mg, Mn istog botaničkog podrijetla, što ukazuje na to da pored njega na

sastav meda utječe i njegovo geografsko podrijetlo (Tanković, 2019.).

Pesticidi

Vezano uz biocide i njihov utjecaj na pčele i pripadajuće produkte dobro je spomenuti opsežni monitoring koji je proveden u sjevernoj Italiji između 1983. i 1986. godine. Pčelinje zajednice postavljene su u zonama visokog kemijskog pritiska te na rubnim područjima zona gdje je on znatno smanjen. U 76 % slučajeva bilo je moguće ustvrditi kemijski uzrok smrti, a u 70 % pozitivnih slučajeva bili su krivi ditiokarbamatni fungicidi. Zaključeno je da se praćenje pesticida u okolišu može iskoristiti za izradu takozvanih okolišnih zdravstvenih karti (environmental health maps) (Celli i Maccagnani, 2003., Porrini i sur., 2003.a). Isto tako, na sjeveru Italije u provinciji Forli, koja je poznata po voćarskoj proizvodnji, provedeno je kontinuirano istraživanje od 1982. do 1993. godine. Ono je urodilo plodom na način da je kroz komunikaciju i suradnju s uzgajivačima došlo do poboljšanja u agrosustavima tako da su slučajevi trovanja pesticidima s 8 - 9 na godinu u osamdesetim godinama spali na 3 slučaja godišnje u devedesetim godinama prošlog stoljeća. Također, praćenje uporabe pesticida na određenom području može biti u svrhu uvida njihove pogrešne uporabe, zloruporabe, odnosno upotrebe zabranjenih sredstava. Njihovo krivo korištenje, bilo ono kvalitativne ili kvantitativne naravi, bilo je dokazano samo uz pomoć pčela kao bioloških pokazatelja njihove prisutnosti u okolišu (Porrini i sur., 2003.b). Broj mrtvih pčela navodi se kao primarna varijabla u dokazivanju ovih onečišćenja (Porrini i sur., 2003.a).

Istraživanje provedeno u Grčkoj pokazalo je rezidue pesticida u nasumično skupljenim uzorcima meda vezano uz nasade citrusa, pamuka i suncokreta. Ono je pokazalo da ih u medu

s nasada citrusa ima u 16 od 19 uzoraka, kod uzoraka meda od nasada pamuka rezidua pesticida je bilo u 8 od njih 17, a kod suncokreta rezidue su nađene u 4 od 9 uzoraka meda. Pčele su se i ovdje pokazale kao dobar biopokazatelj pojave i distribucije pesticida u medu s obzirom na njihovo korištenje kao sredstava za zaštitu u poljoprivredi. Uz to, detektiran je i akaricid coumaphos kao djelatna tvar Perizina, sredstva korištenog za zaštitu pčela od varoe u 37 od ukupnih 50 uzoraka meda (Balayiannis i Balayiannis, 2008.). I ovo istraživanje pokazuje koliko su med i pčele pogodni za detekciju i praćenje korištenja pesticida prisutnih u okolišu.

Pčele uistinu pri svojim izljetanjima po hranu i vodu dolaze u kontakt s česticama u zraku ili na biljkama koje se primaju na dlake njihova tijela, odnosno one inhaliraju i ingestiraju određene tvari iz okoliša. Tako je i s pesticidima koji se uvelike primjenjuju u ekstenzivnoj poljoprivrednoj proizvodnji, a sporo se raspadaju i često se puta nepravilno koriste. U Brazilu u ekološkom rezervatu Bauru, Sao Paolo, uzeti su uzorci meda i na njima je utvrđivana koncentracija 48 pesticida podijeljenih u četiri osnovne skupine multirezidualnom metodom plinskom kromatografijom - masenom spektrometrijom (Rissato i sur., 2007.). Multirezidualnu metodu kao brzu i jeftinu te primjenjivu na 80 onečišćivala iz okoliša zastupaju i Wiest te sur. u radu objavljenom 2011. godine gdje su analizirani uzorci pčela, meda i peludi na prisustvo različitih pesticida i veterinarskih lijekova.

U zapadnoj Francuskoj na uzorcima pčela, meda i peludi uzetih kroz dvije pčelarske sezone sa šest pčelinjaka rađene su analize policikličkih aromatskih ugljikovodika gdje su se pčele pokazale najboljim bioindikatorom za prisutnost policikličkih aromatskih ugljikovodika u okolišu (Lambert i sur., 2012.a). U susjednoj Srbiji je napravljeno istraživanje

koncentracije teških metala Pb, Cd, As, Cu, Zn, Fe, Mn, Ni, Cr, Hg, pesticida i policikličkih ugljikovodika u uzorcima s gradskog područja u Zemunu. Tamo je na 23 uzoraka meda, 13 uzoraka peludi i 6 uzoraka nektara ustvrđeno da vrijednosti promatranih tvari nisu prešle dopuštene koncentracije od strane europske regulative čime se ustvrđuje da je takav urbani med dobar za konzumaciju, a time se daje poticaj razvoju urbanog pčelarstva (Jovetić, 2018.).

Promjena staništa

Promjena staništa navodi se kao najodgovorniji čimbenik za smanjenje broja pčela u svijetu gdje se oko 38 % površine zemlje koristi u poljodjelske svrhe (Brown i Paxton, 2009.). Nepovoljno djelovanje promijenjenog staništa za pčele očituje se kao gubitak bioraznolikosti na područjima gdje je došlo do zapuštanja velikih poljoprivrednih područja oranica i travnjaka te njihovog obrastanja korovnim (invazivnim) vrstama. Iz tog razloga pčele više ne nalaze pašu na kultiviranim biljkama koje izlučuju nektar ili na samoniklom livadnom bilju jer korove uglavnom oprašuje vjetar, a još k tome oni istiskuju i druge vrste. Slična situacija je i s područjima koja su antropogenim djelovanjem promijenila prvobitni izgled, kao u slučaju urbanizacije, izgradnje suvremene prometne infrastrukture, regulacije vodotoka, okrupnjavanja poljoprivrednog zemljišta gdje je nestalo prirodnih međa sa samoniklim biljem, pogotovo cvjetnim vrstama koje je zamijenila ili travnata vegetacija ili se vegetacija potpuno uklonila. Još je Wigglesworth 1984. godine ustvrdio da nedostatak odgovarajuće vrste peluda pogodna za ishranu pčela u određeno doba može ubrzano i u znatnoj mjeri unazaditi razvoj pčelinjih zajednica, tj. prouzročiti depopulaciju odraslih pčela.

Upravo je zato poželjno i svakako potrebno da pčele imaju pristup više od jedne cvjetne vrste peluda kako bi se uravnotežio bilo kakav nedostatak koji određena cvjetna vrsta možda može imati. Deborah Post, osnivačica organizacije za spas pčela u Nizozemskoj, takozvani Honey Highway, tvrdi da je jedan od četiri glavna uzroka izumiranja pčela upravo to što pčele i drugi insekti nemaju dosta hrane odgovarajuće kakvoće jer je sve zeleno, nema cvijeća, sve je zaraslo u travu. Ona smatra da šećerna dohrana dugoročno nikako ne može biti zdrava za pčele pa je potrebno u prirodi obnoviti cvjetnu vegetaciju (Deborah Post, 2019.). I RH na inicijativu EU novčanim mjerama potiče zasijavanje cvjetnih poljskih traka na kojima se siju posebne vrste medonosnog cvjetnog bilja s posebnim uvjetima održavanja (PRR, 2018.). To svakako znači da je problem prepoznat te su takve aktivnosti vrlo poželjne i bude nadu u bolju budućnost za pčele.

Klimatske promjene

U posljednje vrijeme sve se više spominje i štetan utjecaj klimatskih promjena na prirodu općenito, svakako i na pčele (Le Conte i Navajas, 2008., Rader i sur., 2013., Switanek i sur., 2017., Kuchling i sur., 2018.). Taj štetan učinak manifestira se globalnim porastom srednje godišnje temperature s posebno izraženim ekstremima te promjenom količine i intenziteta oborina. Sve to uzrokuje promjenu biljnog pokrova određenog područja te se mijenja i bioritam pčelinje zajednice. Ono što je sigurno i u što su se pčelari uvjerali posljednjih nekoliko sezona, nema više radova po takozvanom „pčelarskom kalendaru“. Kalendar cvatnje medonosnog bilja se promijenio. A predviđanja su da će se i više mijenjati (Thuiller i sur., 2005.). Sve je učestalija uranjenja i neujednačena cvatnja. U posljednjem desetljeću, a pogotovo zadnje dvije godine svjedoci smo ekstremnih vremenskih uvjeta,

poput dugotrajnih kišnih razdoblja u vrijeme proljetne cvatnje i pojave kasnih proljetnih mrazova, zatim izrazito sušnih ljetnih perioda, kratkotrajnih i blagih zima, itd. Posljedice svega navedenog su veliki zimski gubitci u broju pčela i manja proizvodnja meda (Frangen, 2019.).

Primjerice, zime više nisu hladne kao nekad, a temperature u prosincu i siječnju znaju biti iznad 10 °C. To uvjetuje veću aktivnost pčelinje zajednice što za sobom povlači veću potrošnju hrane koja onda može prije završetka zime i prvih unosa nektara i peludi, u najkritičnijem trenutku proljetnog razvoja pčelinje zajednice, nedostajati i može upropastiti čitavu koloniju. Uz to, zbog veće potrošnje hrane mijenja se i mikroklima u košnici, povećava se koncentracija vodene pare koja se pri hladnijim danima kondenzira na stjenkama košnice i može padati u obliku kapi po pčelama, a to uznemiruje zimsko klupko i može dovesti do kvarenja zaliha nepoklopljenog meda. Također, pčele koje su aktivnije i više jedu, prije napune svoje crijevo pa ukoliko ga zbog hladnijeg vremena ne mogu ići van isprazniti, defeciraju unutar košnice, jedne po drugima, što nije higijenski i pridonosi pojavi i prijenosu bolesti poput nozemoze čiji je uzročnik unutar crijevni parazit, praživotinja *Nosema apis* (De la Rocque i sur., 2008., Martin-Hernandez i sur., 2009.).

Gleda li se situacija u kolovozu, kad se pčelinje zajednice pripremaju za zimovanje, onda se i tu uočavaju problemi. Dugi sušni periodi prouzročne nestanak vegetacije što dovodi do pomanjkanja kvalitetne hrane za pčele. Uslijed dužeg prestanka unosa nektara, matica u pravilu prestaje s polaganjem jajašaca upravo u razdoblju kada je novo leglo izuzetno bitno. Baš te pčele koje se izlegu tijekom kolovoza su zimske pčele o kojima ovisi kvalitetno prezimljavanje zajednice. U brojčano oslabljenim zajednicama, leglo najčešće njeguju iscrpljene i stare ljetne pčele s nedovoljnim brojem

mladih pčela, a to ima direktan negativan utjecaj na prezimljavanje i proljetni razvoj zajednice. Takve mlade pčele su nedovoljno vitalne, kraćeg su životnog vijeka i podložnije obolijevanju što u konačnici može zajednicu dovesti do ruba opstanka, a i o ozbiljnijoj proljetnoj proizvodnji da se i ne govori (Prđun, 2017.).

Opasnosti koje prijete ljudskoj vrsti zbog nestanka pčela

U medijima je podosta izvješća o pomorima pčela diljem svijeta, to nije fikcija, nego stvarnost koja je prisutna i nikako ne bi smjela biti zanemарivana ili zataškavana. Pčele očito nestaju zbog ljudskog neznanja i nebrige, a isto može biti povezano i s profitom. Tome svjedoči primjer uporabe neonikotinoidnih pesticida koji se koriste za tretman genetski modificiranih usjeva pri njihovoj sjetvi. Međutim, oni izazivaju poremećaj kolapsa kolonije pčela (Colony Colaps Disorder - CCD), koji se generalno ne može pripisati samo jednom uzroku, no zbog neurotoksičnosti spomenutih pesticida oni dezorijentiraju pčele što je i znanstveno potvrđeno na Harvard School of Public Health, USA. Time rezultiraju milijunskim uginućima pčela (Huff, 2014.). U posljednjim desetljećima broj pčelinjih zajednica je na globalnoj razini zabrinjavajuće opao. Od 1985. godine u Europi gubitak medonosnih pčela iznosi 25 %. U Americi je on od 2006. godine čak 40 % (Jovetić, 2018.).

Poznati svjetski biolog i entomolog E. O. Wilson upozorava, dajući vjerojatan scenarij u prvim desetljećima nakon eventualnog nestanka kukaca pa između ostaloga piše: „Većina cvjetnjača koje su ostale bez oprašivača prestala bi se reproducirati. Većina vrsta zeljastih biljaka upala bi u spiralu izumiranja. Grmlje i drveće koje oprašuju kukci opstalo bi još nekoliko godina, u rijetkim

slučajevima i nekoliko stoljeća. ... Ratovi za kontrolu sve oskudnijih resursa, patnje i vratolomni pad u srednjovjekovno barbarstvo dosežu razine dotad neviđene u ljudskoj povijesti. ... Eto što želim reći svojim scenarijem: budite oprezni s pesticidima. Ni ne pomišljajte na smanjivanje svijeta kukaca. Ozbiljno bismo pogriješili dopustivši čak i jednoj jedinjoj od milijuna vrsta na Zemlji da izumre." (Wilson, 2009.).

Snažna je i Einsteinova projekcija koji je kazao da „nakon što izumru pčele, čovječanstvu ostaje još samo 4 godine života“ (Preininger, 2015.). Kao vrsta i dio ekosustava, biosfere uopće, međuovisni smo o drugim vrstama. Pčele su tu pri samom vrhu povezanosti s našim opstankom na Zemlji. One su kao većinski oprašivači biljaka cvjetnjača u mnogim ekosustavima ključni čimbenik u održanju biološke raznolikosti. Brown i Paxton (2009.) to potvrđuju kada između ostaloga kažu da su „pčele neophodne za zdravi planet kao i zdravu ljudsku populaciju“.

U ovom kontekstu zdravlje okoliša, pčela i preko njihovih produkata posljedično ljudi neprijeporno je povezano i podložno sve izraženijem antropogenom utjecaju u mnogim dijelovima biosfere. Sveobuhvatni prikaz uzročno-posljedičnih sprega prijenosa onečišćenja analitički je potvrđen. No, s obzirom na mogućnosti racionalnijeg upravljanja resursima u okolišu sa svrhom smanjenja onečišćenja, svaki pojedinac može i treba početi od sebe i svoje djelovanje promijeniti na lokalnoj razini integrirajući znanja različitih područja spomenute problematike na zajedničko mjesto njihova dodira što su u ovom slučaju pčele. Baš se ovdje otvara veliki prostor gdje svaki čovjek svojim odlukama i postupcima ima priliku postupiti odgovorno ili neodgovorno i izravno utjecati na stanje okoliša, zdravlje pčela, ispravnost i prihvatljivost njihovih proizvoda kao i na svoje zdravlje te

zdravlje svih i svijju oko sebe (Loborec i sur., 2018.).

Zaključak

Pčele su u povijesti ljudi njegove tisućljetne pratiteljice. Koristio ih je na raznorazne načine još prije nego li ih je smjestio u košnice i počeo se aktivno baviti pčelarstvom. Pčelinji proizvodi bili su mu nezamjenljivi i vrlo vrijedni. Čak su u starom vijeku za određenu zemlju blagostanja imali naziv „zemlja kojom teče med i mlijeko“ (Zavrtnik i Žubčić, 2018.). No danas u 21. stoljeću neprijeporno su ugrožene. Njihov broj je već dulji niz godina u opadanju. Ugrožava ih više čimbenika direktno povezanih s antropogenim utjecajem. Oni prikazani u ovome pregledu su: bolesti pčela, teški metali, pesticidi, klimatske promjene i promjene staništa. Svi oni pojedinačno, kao i u kombinaciji, imaju znatan utjecaj na funkcioniranje pčelinjih zajednica i posljedično tome na oprašivanje samoniklih biljaka i usjeva te na kvalitetu pčelinjih proizvoda o kojima ovisi i ljudsko zdravlje. Pčele su se pokazale kao vrlo korisni biološki pokazatelji onečišćenja u okolišu pri čemu im ono predstavlja ozbiljnu prijetnju opstanku.

Činjenica koju možemo svakodnevno promatrati na globalnoj razini, a gdje ni pčele nisu izuzetak, lijepo je sažeta u misli poznatog prirodoslovca i entomologa koji je zapisao: „Naše nepoznavanje biološke raznolikosti je toliko da gubimo njezin velik dio prije no što smo i saznali da postoji.“ (Wilson, 2009.). Uništavamo svijet koji nam je na ovaj ili onaj način darovan, a da si nismo ni dopustili, nismo si uzeli vremena, kako bi ga najprije upoznali. Brown i Paxton (2009.) ističu da: „Ako ne znamo gdje pčelinje vrste žive, i koliko ih ima, gotovo je nemoguće izmjeriti pad broja i napraviti prioritetnu i smislenu strategiju zaštite.“ Pčele su prema svojoj morfologiji i fiziologiji neprijeporno dobri biomarkeri u biomonitoringu

okoliša. S njim su neraskidivo povezane i određene tvari koje se u njima bioakumuliraju. Uz to su same po sebi u ulozi besplatnih prijenosnih uzorkivača različitih materijala. Ukoliko želimo zadržati svijet i bogatstvo kakvo u dobroj mjeri još uvijek imamo, potrebno je zaštititi pčele od antropogenih utjecaja istodobno ih prateći kao odraz stanja i promjena u okolišu i prirodi.

Acknowledgements

This paper describes the results of research being carried out within the project "Centar održivog razvoja" / „Centre of sustainable development”, co-financed by the European regional development fund and implemented within Operational Programme Competitiveness and Cohesion 2014-2020, based on the call „Investing in Organizational Reform and Infrastructure in the Research, Development and Innovation Sector”.

Literatura

- BALAYIANNIS, G. and P. BALAYIANNIS (2008): Bee Honey as an Environmental Bioindicator of Pesticides Occurrence in Six Agricultural Areas of Greece. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 55, 462-470.
- BARGAŃSKA, Z., M. ŚLEBIODA and J. NAMEŚNIK (2016): Honey bees and their products: Bioindicators of environmental contamination. *Crit. Rev. Env. Sci. Tec.* 46, 235-248.
- BOGDANOV, S. (2006): Contaminants of bee products. *Apidologie* 37, 1-18.
- BOROVAC, I. (2001): Životinje - Velika ilustrirana enciklopedija. Zagreb: Mozaik knjiga.
- BROWN, J. F. and R. J. PAXTON (2009): The conservation of bees: a global perspective. *Apidologie* 40, 410-416.
- CELLI, G. and B. MACCAGNANI (2003): Honey bees as bioindicators of environmental pollution. *B. Insectol.* 56, 137-139.
- De la ROCQUE, S., J. A. RIOUX and J. SLINGENBERGH (2008): Climate change: effects on animal disease systems and implications for surveillance and con-trol. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epizoot.* 27, 339-354.
- Deborah Post – Honey Highway. Dostupno na: <https://www.naturalbeekeepingtrust.org/ConferenceParticipants/Deborah-Post> Datum pristupa: 11.11.2019.
- European Commission. European Red List – Introduction to Bees. Dostupno na: <https://ec.europa.eu/environment/nature/conservation/species/redlist/bees/introduction.htm> Datum pristupa: 04.11.2019.
- FRANGEN, D. (2019): Antropogeni utjecaj na sindrom nestanka medonosne pčele (*Apis mellifera carnica*). Diplomski rad. Fakultet agrobiotehničkih znanosti, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera, Osijek.
- GIGLIO, A., A. AMMENDOLA, S. BATTISTELLA, A. NACCARATO, A. PALLAVICINI, E. SIMEON, A. TAGARELLI and P. G. GIULIANINI (2017): *Apis mellifera ligustica*, Spinola 1806 as bioindicator for detecting environmental contamination: a preliminary study of heavy metal pollution in Trieste, Italy. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 24, 659-665.
- HUFF, E. A. (2014): GMO corn plantings lead to death of 37 million bees in Canada. *Natural News*. Wednesday, November 26, 2014 Dostupno na: https://www.naturalnews.com/047771_GM_corn_neonicotinoids_honeybees.html Datum pristupa: 13.11.2019.
- JOVETIĆ, M. S., A. S. REDŽEPOVIĆ, N. M. NEDIĆ, D. VOJT, S. Z. ĐURDIĆ, I. D. BRČESKI and D. M. MILOJKOVIĆ-OPSENICA (2018): Urban honey - the aspects of its safety. *Arh. Hig. Rada Toksikol.* 69, 264-274.
- KIPROP, V. (2018): World Atlas. Environment. How Many Animals Are There In The World? Dostupno na: <https://www.worldatlas.com/articles/how-many-animals-are-there-in-the-world.html> Datum pristupa: 07.11.2019.
- KIŠ, M., S. FURMEG, V. JAKI TKALEC, J. SOKOLOVIĆ, M. ZADRAVEC, D. MAJNARIĆ and Ž. CVETNIĆ (2019): Microbiological analysis of honey with mould identification. *Vet. stn.* 50, 107-113. (in Croatian).
- KUCHLING, S., I. KOPACKA, E. KALCHER-SOMMERSGUTER, M. SCHWARZ, K. CRAILSHEIM and R. BRODSCHNEIDER (2018): Investigating the role of landscape composition on honey bee colony winter mortality: A long-term analysis. *Sci. Rep.* 8, 12263.
- LAMBERT, O., B. VEYRAND, S. DURAND, P. MARCHAND, B. LEBIZEC, M. PIROUX, S. PUYO, C. THORIN, F. DELBACD and H. POULIQUEN (2012a): Polycyclic aromatic hydrocarbons: Bees, honey and pollen as sentinels for environmental chemical contaminants. *Chemosphere* 86, 98-104.
- LAMBERT, O., M. PIROUX, S. PUYO, C. THORIN, M. LARHANTEC, F. DELBACC and H. POULIQUEN (2012b): Bees, honey and pollen as sentinels for lead environmental contamination. *Environ. Pollut.* 170, 254-259.
- Le CONTE, Y. and M. NAVAJAS (2008): Climate change: impact on honey bee populations and diseases. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz.* 27, 499-510.
- LEITA, L., G. MUHLBACHOVA, S. CESCO, R. BARBATTINI and C. MONDINI (1996): Investigation of the use of honey bees and honey bee products to assess heavy metals contamination. *Environ. Monit. Assess.* 43, 1-9.
- LOBOREC, J., S. ZAVRTNIK, D. ŽUBČIĆ i M. SIVONJIĆ (2018): Briga za okoliš i zdravlje u bioetičkom kontekstu. *Proceedings Book of 1st*

- International Conference The Holistic Approach to Environment. ur. Štrkalj, A.; Glavaš, Z.; Kalambura, S. Sisak, September 13-14, 2018, 402-407.
22. MARTIN-HERNANDEZ, R., A. MEANA, P. GARCIA-PALENCIA, P. MARIN, C. BOTIAS, E. GARRIDO-BAILON, L. BARRIOS and M. HIGES (2009): Effect of temperature on the biotic potential of honeybee microsporidia. *Appl. Environ. Microb.* 75, 2554-2557.
 23. MATONIČKIN, I., I. HABDIJA i B. PRIMC-HABDIJA (1999): Beskralježnjaci - biologija viših avertebrata. Sveučilišni udžbenik. Zagreb: Školska knjiga.
 24. MULI, E., H. PATCH, M. FRAZIER, J. FRAZIER, B. TORTO, T. BAUMGARTEN, J. KILONZO, J. NG'ANG'A KIMANI, F. MUMOKI, D. MASIGA, J. TUMLINSON and C. GROZINGER (2014): Evaluation of the Distribution and Impacts of Parasites, Pathogens, and Pesticides on Honey Bee (*Apis mellifera*) Populations in East Africa. *PLoS ONE* 9(4): e94459.
 25. POHL, P. (2009): Determination of metal content in honey by atomic absorption and emission spectrometries. *Trends Anal. Chem.* 28, 117-128.
 26. PORRINI, C., A. G. SABATINI, S. GIROTTI, S. GHINI, P. MEDRZYCKI, F. GRILLENZONI, L. BORTOLOTTI, E. GATTAVECCHIA and G. CELLI (2003a): Honey bees and bee products as monitors of the environmental contamination. *Apiacta* 38, 63-70.
 27. PORRINI, C., A. G. SABATINI, S. GIROTTI, F. FINI, L. MONACO, G. CELLI, L. BARTOLOTTI and S. GHINI (2003b): The death of honey bees and environmental pollution by pesticides: the honey bees as biological indicators. *B. Insectol.* 56, 147-152.
 28. PRĐUN, S. (2017): Utjecaj klimatskih promjena na pčelarstvo u Republici Hrvatskoj. *Hrvatska pčela* 1, 12-15.
 29. PREININGER, T. (2015): Orijentacija i načini komunikacije među pčelama. Seminarski rad. Zagreb: Prirodoslovno-matematički fakultet, Biološki odsjek.
 30. Program Ruralnog Razvoja (2018) IAKS mjere ruralnog razvoja – novosti u 2018. godini. Dostupno na: <https://ruralnirazvoj.hr/iaks-mjere-ruralnog-razvoja-novosti-u-2018-godini/> Datum pristupa: 11.11.2019.
 31. RADER, R., J. REILLY, I. BARTOMEUS and R. WINFREE (2013): Native bees buffer the negative impact of climate warming on honey bee pollination of watermelon crops. *Glob. Change Biol.* 19, 3103-3110.
 32. RISSATO, S. R., M. S. GALHIANE, M. V. ALMEIDA, M. GERENUTTI and B. M. APON (2007): Multiresidue determination of pesticides in honey samples by gas chromatography–mass spectrometry and application in environmental contamination. *Food Chem.* 101, 1719-1726.
 33. SADEGHI, A., A. MOZAFARI, R. BAHMANI and K. SHOKRI (2012): Use of honey bees as bio-indicators of environmental pollution in the Kurdistan province of Iran. *J. Apicul. Sci.* 56, 83-88.
 34. SULIMANOVIĆ, Đ. (1995): Prepoznavanje i suzbijanje pčelinjih bolesti. Zagreb: PIP.
 35. SWITANEK, M., K. CRAILSHEIM, H. TRUHETZ and R. BRODSCHNEIDER (2017): Modelling seasonal effects of temperature and precipitation on honey bee winter mortality in a temperate climate. *Sci. Total Environ.* 579, 1581-1587.
 36. TANKOVIĆ, S., V. JELUŠIĆ, N. BILANDŽIĆ, M. SEDAK, J. FERIZBEGOVIĆ (2019): Concentrations of elements in floral and acacia honey from Bosnia and Herzegovina and the Republic of Croatia. *Vet. stn.* 50, 97-106. (in Croatian).
 37. THULLER, W., S. LAVOREL, M. B. ARAUJO, M. T. SYKES and I. C. PRENTICE (2005): Climate change threats to plant diversity in Europe. *Proc. Natl Acad. Sci. USA* 102, 8245-8250.
 38. TOTH, T., M. KOPERNICKA, R. SABO and T. KOPERNICKA (2016): The Evaluation of Mercury in Honey Bees and their Products from Eastern Slovakia. *Anim. Sci. Biotechnol.* 49, 257-260.
 39. TUCAKOVIĆ, I., J. KRIŽ i M. BARAČ (2009): Pčelarski radovi po mjesecima. Zagreb: Pčelarsko društvo „Lipa“.
 40. TUZEN, M., S. SILICI, D. MENDIL and M. SOYLAK (2006): Trace element levels in honeys from different regions of Turkey. *Sci. Direct. Food Chem.* 103, 325-330.
 41. WIEST, L., A. BULETÉA, B. GIROUD, C. FRATTA, S. AMIC, O. LAMBERT, H. POULIQUEN and C. ARNAUDGUILHEM (2011): Multi-residue analysis of 80 environmental contaminants in honeys, honeybees and pollens by one extraction procedure followed by liquid and gas chromatography coupled with mass spectrometric detection. *J. Chromatogr. A* 1218, 5743-5756.
 42. WIGGLESWORTH, V. B. (1984): *Insect physiology*. London: Chapman and Hall.
 43. WILSON, E. O. (2009): *Stvorenje - Poziv za spas života na Zemlji*. Zagreb: Naklada Jesenski i Turk.
 44. ZAHRADNIK, J. (2000): *Insects*. Prague: Silverdale Books.
 45. ZAVRTNIK, S., J. LOBOREC, D. ŽUBČIĆ i I. GRČIĆ (2019): Pčele (*Apis mellifera*) kao biološki pokazatelj onečišćenja u okolišu. Konferencija Cjeloviti pristup okolišu. Sisak. U tisku.
 46. ZAVRTNIK, S. i D. ŽUBČIĆ (2018): *Zdravi međuodnos ljudi i životinja*. Split: Redak.
 47. ZHELYAZKOVA, I. (2012): Honey bees - bioindicators for environmental quality. *Bulg. J. Agric. Sci.* 18, 435-442.

Honey bee (*Apis mellifera*) in biomonitoring of environmental pollution

Saša ZAVRTNIK, DVM, Jelena LOBOREC, MGeotechEngin., PhD, Assist. Professor, Ivana GRČIĆ, MChE, PhD, Assist. Professor, Faculty of Geotechnical Engineering University of Zagreb, Varaždin, Croatia; Damir ŽUBČIĆ, DVM, PhD, Full Professor, Faculty of Veterinary Medicine University of Zagreb, Croatia

The role of bees in nature as plant pollinators and producers of certain irreplaceable natural products is indisputably crucial. However, recently, bees are increasingly being referred to as victims of environmental contamination, which poses a real threat to their survival. Bees are insects of the order Hymenoptera, with around 20,000 known species. The most common in this region is the honey bee or grey honey bee (*Apis mellifera carnica*). Bees are responsible for 87.5% pollination of flowering plants, which is especially important in agricultural production, while direct benefits of honey bees are seen in bee products, such as honey, bees wax, propolis, pollen, bee poison, and royal

jelly. It is crucial to identify how and to what extent contaminants, such as heavy metals and pesticides from water, soil and air, reach plants and their products, and the bees and their products, since this can affect both bee health and human health. The overall links between inanimate nature, such as substances in water, soil and air, with external conditions, such as changes in habitats and climate changes should be considered, and their impacts on bee populations determined, as they are invaluable bio-indicators for biomonitoring of environmental contamination.

Key words: *Apis mellifera*; honey bee; environmental contamination; honey; heavy metals and pesticides; climate change