UNIVERZA V LJUBLJANI | BF Biotehniška fakulteta

STROKOVNE PODLAGE ZA METODOLOGIJO ZGODNJEGA ODKRIVANJA INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST MRAVELJ, KI ZADEVAJO UNIJO, V SLOVENIJI

Ljubljana, oktober 2024

Naročnik:	Zavod Republike Slovenije za varstvo narave Tobačna ulica 5 1000 Ljubljana
Izvajalec	Biotehniška fakulteta Jamnikarjeva ulica 101 1000 Ljubljana
Avtor strokovne naloge:	Gregor Bračko, univ. dipl. biolog
Kraj in datum izdelave:	Ljubljana, 29. 10. 2024

Priporočeni način citiranja:

Gregor B. 2024. Strokovne podlage za metodologijo zgodnjega odkrivanja invazivnih tujerodnih vrst mravelj, ki zadevajo Unijo, v Sloveniji. Biotehniška fakulteta, Ljubljana.

KAZALO

1. UVOD 4

2. PREDSTAVITEV VRST MRAVELJ, VKLJUČENIH V SEZNAM INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST, KI ZADEVAJO UNIJO 5

2.1 *Solenopsis invicta* Buren, 1972 5

2.2 *Solenopsis richteri* Forel, 1909 7

2.3 *Solenopsis geminata* (Fabricius, 1804) 7

2.4 *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863) 8

3. OCENA MOŽNOSTI NASELITVE INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST MRAVELJ NA OBMOČJU SLOVENIJE 9

4. STROKOVNA OCENA VPLIVA INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST MRAVELJ V SLOVENIJI 11

4.1 Vpliv na biodiverziteto 11

4.2 Drugi možni vplivi 13

5. METODOLOGIJA ZA ZGODNJE ODKRIVANJE INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST MRAVELJ 14

5.1 Pregled metodologij za zgodnje odkrivanje vrst, ki se uporabljajo v drugih državah 14

5.2 Prednostne poti vnosa in širjenja invazivnih tujerodnih vrst mravelj na območju EU 15

5.3 Metodologije za zgodnje odkrivanje in spremljanje pojavljanja invazivnih tujerodnih vrst mravelj v Sloveniji 17

5.4 Metodologija za taksonomsko potrditev vrst 19

5.5 Protokol za sporočanje in beleženje podatkov pojavljanja vrst 19

6. PREDLOG PREGLEDA STANJA INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST MRAVELJ NA IZBRANIH TOČKAH V SLOVENIJI 20

7. UKREPI ZA ODSTRANJEVANJE IN PREPREČEVANJE ŠIRJENJA INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST MRAVELJ 22

8. LITERATURA 25

1. UVOD

Invazivne tujerodne vrste so tiste vrste, ki so bile zanesene na novo območje, ki ni njihovo območje naravne razširjenosti, v katerem se hitro širijo in delujejo negativno na več nivojih. Negativni vplivi so pogosto ekološki (izrinjanje domorodnih vrst, spreminjanje strukture in funkcije habitatov), ekonomski (npr. škoda v kmetijstvu, gozdarstvu), lahko delujejo tudi neposredno na zdravje ljudi (prenašanje bolezni, izločajo strupe ali alergene, ki so škodljivi za ljudi).

Med številnimi živalskimi invazivnimi vrstami, ki so razširjene po svetu, je tudi 23 vrst mravelj (Siddiqui in sod. 2021, Global Invasive Species Database). Mravlje (družina Formicidae) so evsocialno živeče žuželke iz reda kožekrilcev (Hymenoptera). Njihove skupnosti ponavadi označujemo z izrazom kolonija, ki jo večinoma sestavljajo delavke (neplodne samice), ena ali nekaj matic (plodne samice) in zarod (jajčeca, ličinke, bube). V določenem delu leta se v koloniji pojavijo tudi mlade, še neoplojene in praviloma krilate matice ter krilati samci, ki po določenem času zapustijo kolonijo in se sparijo. Oplojena matica najde ustrezno mesto in začne ustanavljati novo kolonijo, v nekaterih primerih skupaj z delom delavk iz matične kolonije. Kolonije mravelj so različno velike, kar je odvisno predvsem od vrste, lahko pa tudi od razmer v okolju. Nekatere vrste imajo le nekaj 10 osebkov, večina vrst od nekaj 100 do nekaj 1.000 osebkov, nekatere (npr. pri nas živeče rdeče gozdne mravlje iz rodu *Formica*) imajo več kot 100.000 osebkov, srečamo pa tudi kolonije vrst z milijon in več osebki.

Za mravlje lahko rečemo, da so evolucijsko in ekološko zelo uspešna skupina žuželk. Poznamo okoli 14.000 vrst, ki se pojavljajo v najrazličnejših kopenskih okoljih. Marsikje predstavljajo velik del živalske biomase in imajo lahko vlogo dominantnih organizmov. Srečamo jih v odnosih s številnimi drugimi živalskimi in rastlinskimi vrstami. V določenih okoljih imajo vlogo vodilnih plenilcev nevretenčarjev. Zato jih pogosto označujemo kot ključne vrste in ekosistemske inženirje.

Zaradi omenjene številčnosti, vpetosti v različne odnose ter dominantnosti in ključne vloge, ki jo imajo lahko mravlje v ekosistemih, lahko vrste, ki so bile zanesene na novo območje, tu postanejo dejavnik s številnimi negativnimi vplivi. Poleg ekonomske škode, ki jo povzročajo v urbanih in kmetijskih območjih, lahko te vrste občutno spremenijo ekosisteme, tako da izpodrivajo avtohtone vrste mravelj in številne druge nevretenčarje, negativno vplivajo na populacije vretenčarjev in motijo odnose med rastlinami in avtohtonimi mravljami. Za invazivne vrste je v novem okolju pogosto opazna zmanjšana ali odsotna agresivnost med sosednjimi mravljišči, tako da delujejo kot enotna superkolonija. Ko se ustalijo v novem okolju, se te vrste praviloma zelo hitro širijo. Posledično je vpliv invazivnih vrst mravelj še posebej izrazit, zato ni nenavadno, da na svetovnem seznamu 100 najbolj invazivnih tujerodnih vrst (Global Invasive Species Database), najdemo tudi pet vrst mravelj: *Anoplolepis gracilipes*, *Linepithema humile*, *Pheidole megacephala*, *Solenopsis invicta* in *Wasmannia auropunctata*.

Po Uredbi Evropske unije o preprečevanju in obvladovanju vnosa in širjenja invazivnih tujerodnih vrst na območju Unije (Uredba (EU) št. 1143/2014 Evropskega parlamenta in Sveta), morajo države članice sprejeti potrebne ukrepe za preprečevanje vnosa tujerodnih invazivnih vrst, vzpostaviti sistem nadzora za njihovo zgodnje odkrivanje in v primeru pojava vrste odstraniti v zgodnji fazi invazije, če to ni več mogoče pa preprečiti njihovega širjenja. V sklopu nalog iz Akcijskega načrta za obravnavanje prednostnih poti vnosa in širjenja invazivnih tujerodnih vrst, ki zadevajo Unijo (2022-2027), je potrebno za določene take vrste pripraviti metodologijo za zgodnje odkrivanje in hitro odzivanje (sistem ZOHO) (Strateški cilj 6.1). Na Seznam invazivnih tujerodnih vrst, ki zadevajo Unijo (posodobljen 2. 8. 2022), so bile z Izvedbeno uredbo Komisije (EU) 2022/1203 vključene tudi štiri vrste mravelj:

Solenopsis geminata, *Solenopsis invicta*, *Solenopsis richteri* in *Wasmannia auropunctata*. Čeprav na seznam vrst v Akcijskem načrtu invazivne tujerodne vrste mravelj niso uvrščene, je zaradi njihovih številnih negativnih vplivov ter velikega potenciala širjenja potrebno njihovo spremljanje in zato vzpostaviti metodologijo za njihovo zgodnje odkrivanje.

V tej strokovni nalogi so predstavljene strokovne podlage za metodologijo zgodnjega odkrivanja in hitrega odzivanja za omenjene štiri invazivne tujerodne vrste mravelj (v nadaljevanju ITVM) v Sloveniji, kar bo predstavljalo osnovo za pripravo dokumenta z načrtom ukrepanja v primeru, da se te vrste pojavijo na ozemlju Slovenije. Naloga vsebuje predstavitev ITVM s seznama, ocene možnosti njihove naselitve na območju Slovenije in vplivov, ki bi jih tu lahko imele, metodologij za zgodnje odkrivanje, ki se uporabljajo v drugih državah in ki bi se lahko uporabljale pri nas, predlogov pregleda stanja ITVM na izbranih točkah v Sloveniji in ukrepov za njihovo odstranjevanje in preprečevanje širjenja.

2. PREDSTAVITEV VRST MRAVELJ, VKLJUČENIH V SEZNAM INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST, KI ZADEVAJO UNIJO

2.1 *Solenopsis invicta* Buren, 1972

Solenopsis invicta (angl. »red imported fire ant« ali »fire ant«, slov. rdeča ognjena mravlja) je vrsta mravlje iz poddružine Myrmicinae, ki vključuje vrste z opasjem iz dveh členov in z razvitim želom. Vrsta je polimorfna, kar pomeni, da se delavke jasno razlikujejo po velikosti, večje delavke imajo tudi močneje povečane glave. Velikostni razpon delavk je od pribl. 2,5 mm do 6 mm, matice so še nekoliko večje. Barva delavk je rdečkasta, zadek je temnejši. Kot pri številnih drugih vrstah tega rodu so tipalnice delavk sestavljene iz 10 členov, zadnja dva sta povečana, mandibule imajo štiri zobce, zadnji del oprsja je brez trnov, skulptura kutikule je slabo razvita, bolj ali manj gladka in svetleča. Razlikovanje med posameznimi sorodnimi vrstami je relativno zahtevno, kar je tudi sicer značilno za ta rod.

Območje naravne razširjenosti te vrste je osrednji del Južne Amerike (Brazilija, Argentina, Peru, Bolivija, Paragvaj), kar pomeni, da gre za vrsto, ki izhaja iz tropskega in delno subtropskega pasu. Tam živi v zelo raznolikih habitatih, vključno z antropogenimi. Najdemo jo v različnih tipih gozdnih habitatov, travniških habitatih, tako v sušnih predelih kot na območju mokrišč in pogosto poplavljenih območjih. Ob poplavah so osebki iz kolonije sposobni tvoriti žive splave iz teles mravelj, ki lahko zdržijo na gladini več dni. Pogosta je na kmetijskih površinah, motenih habitatih in na drugih površinah, ki so pod vplivom človekovega delovanja, vključno z naselji.

Njena mravljišča so v tleh in imajo praviloma dvignjen del (kup) iz izkopane prsti, ki je lahko visok tudi do pol metra. Odrasle kolonije pogosto štejejo okoli 100.000 osebkov, v določenih pogojih pa tudi nekaj 100.000. *Solenopsis invicta* tvori dva tipa kolonij: kolonije z en matico, ki leže jajčeca (monoginija), ali z več maticami (poliginija). Med poliginičnimi kolonijami je pogosto opažena zmanjšana agresivnost med delavkami sosednjih kolonij, tako da delujejo kot nekakšna enotna superkolonija. Ustanovitev nove kolonije se začne tako, da mlade krilate matice odletijo iz mravljišč in se sparijo s samci. Matice ponavadi ne letijo dlje kot 2 km od matične kolonije. Po oploditvi matice najdejo primerno mesto, kjer same ali skupaj z več maticami začnejo leči jajčeca, iz katerih se pozneje razvijejo delavke.

Solenopsis invicta se prehranjuje tako s hrano živalskega kot rastlinskega izvora (so omnivorne). Živalska hrana so praviloma mrtvi nevretenčarji, lahko tudi mrtvi manjši vretenčarji, torej se prehranjujejo kot mrhovinarji, v manjši meri lahko aktivno plenijo nekatere druge žuželke. Rastlinska hrana je deloma v obliki semen, večinoma pa so to sladki rastlinski sokovi, ki jih dobijo od na rastlinah prehranjujočih se kljunatih žuželk (listne uši, kaparji), s katerimi so v simbiontskih odnosih, ali na zunajcvetnih nektarijih. Delavke *S*. *invicta* so agresivne do drugih mravelj in jih štejemo za dominantno vrsto v odnosih do drugih vrst (Calcatera in sod. 2008). Kljub temu v okoljih na območju njene naravne razširjenosti z njo sobivajo tudi druge vrste mravelj, še posebej v bolj kompleksnih habitatih.

Določene lastnosti rdeče ognjene mravlje so ji omogočile, da je začela uspešno poseljevati tuja območja in se tam uveljavila kot invazivna vrsta: velike kolonije, ki še posebej v primeru poliginije zelo hitro rastejo; širok izbor hrane (omnivorija); sposobnost preživetja v različnih okoljskih pogojih (različni habitati, vremenski pogoji, sposobnost tvorbe živih splavov); ekološka in vedenjska dominantnost glede na druge vrste mravelj; uporaba učinkovitega strupa, ki ga uporabljajo proti drugim živalskim vrstam.

Izven območja naravne razširjenosti je bila *S*. *invicta* prvič zabeležena v prvi polovici prejšnjega stoletja na obali Alabame, kamor naj bi prišla z ladijskim tovorom. V drugi polovici prejšnjega stoletja se je hitro širila in je danes prisotna v vseh zveznih državah južne polovice ZDA. Človek je to vrsto zanesel še marsikam drugam po svetu. Tako je razširjena tudi v severni Mehiki, na več Karibskih otokih, pojavlja se na različnih koncih tropske in subtropske Azije (npr. južna Kitajska, Filipini, Japonska). V tem stoletju se je pojavila v nekaterih deli vzhodne Avstralije in Nove Zelandije, kjer pa naj bi jo uspešno odstranili. Na teh območjih se je vrsta naselila predvsem v motenih habitatih, na raznih urbanih površinah (parki, trate, vrtovi, ob cestah), v agrikulturni krajini, precej redkeje kot to velja za njen naravni areal pa jo srečamo v naravnih habitatih. Izogiba se pretirano suhim habitatom, njena prisotnost se poveča, če prihaja do namakanja površin.

V Evropi so bili do nedavnega zabeleženi le vnosi posameznih osebkov ali izoliranega mravljišča ob kontrolah v pristaniščih v Veliki Britaniji in na Nizozemskem (Noordijk 2010). Nedavno pa je bil zabeležen pojav vrste na JV obali Sicilije (Menchetti in sod. 2023), kjer je po vsej verjetnosti vrsta prisotna že več let in trenutno poseljuje obalni del več kot 20 km zračne linije (Menchetti in sod. 2024).

Je ena najbolj proučevanih invazivnih vrst mravelj, večina teh podatkov prihaja z območja ZDA. Njeni negativni vplivi na tujih območjih, ki jih je naselila, so številni, zato je tudi ena izmed petih vrst mravelj, ki so na svetovnem seznamu 100 najbolj invazivnih tujerodnih vrst. Rdeča ognjena mravlja bistveno spreminja procese v ekosistemih in zmanjšuje biodiverziteto. Do večine avtohtonih vrst mravelj je agresivna in povzroča njihovo izginjanje. Izrinja tudi številne druge nevretenčarske vrste (npr. pajkovce, žuželke), pa tudi manjše vretenčarje (žabe, kuščarje, ptice, ki gnezdijo na tleh). Vrsta povzroča veliko škode v kmetijstvu, saj odganja domače živali, uničuje pridelke in spreminja površino kmetijskih zemljišč. V urbanih območjih zaradi gradnje številnih talnih mravljišč lahko povzroča škodo na zgradbah. Ker delavke privlači električni tok, zahaja v električne naprave in povzroča njihovo nedelovanje. Nenazadnje ima občuten vpliv na človekovo aktivnost. Srečanja človeka z njimi so zelo neprijetna, saj imajo ognjene mravlje zelo boleče pike, ki so posledica toksinov, ki jih izloča strupna žleza (vglavnem gre za piperidine). Ti lahko povzročajo tudi zelo nevarne alergijske reakcije.

Kontrola proti rdečim ognjenim mravljam obsega predvsem uporabo insekticidov v obliki vab ali kontaktnih insekticidov. Ponekod uvajajo tudi biološko kontrolo, tj. z vnosom njihovih naravnih sovražnikov, npr. parazitoida iz rodu *Pseudacteon* (Diptera, Phoridae), ki leže jajčeca v delavke *S*. *invicta*. Škoda, ki jo vrsta povzroča, in ukrepi za njeno kontrolo naj bi v ZDA letno predstavljalo za več kot 6 milijard dolarjev stroškov.

2.2 *Solenopsis richteri* Forel, 1909

Solenopsis richteri (angl. »black imported fire ant«, slov. črna ognjena mravlja) je bližnje sorodna vrsti *S. invicta*. Poleg temnejše barve in pogosto z značilno rdečkasto packo na začetku zadka se od *S. invicta* razlikuje še po določenih morfoloških razlikah na glavi, oprsju in opasju.

Tudi ta vrsta izvira iz Južne Amerike, pri čemer je razširjena na nekoliko manjšem območju kot *S. invicta* (od južne Brazilije, Urugvaja, do osrednjega dela Argentine). Preferira predvsem odprte habitate, kot so travniki ali pašniki, ki so lahko tudi občasno poplavljeni, vse do nadmorske višine 3.600 m. Velike gostote dosega v motenih habitatih, kjer je v vlogi dominantne vrste.

Biologija vrste je v marsičem podobna sorodni *S. invicta*. Tudi *S. richteri* gradi talna mravljišča, praviloma v obliki kupov do višine pol metra. Odrasle kolonije vsebujejo do nekaj 100.000 osebkov in imajo bodisi eno ali več matic. Vrsta je omnivorna. Hrana so praviloma manjši nevretenčarji ali rastlinska hrana, ki jo dobijo preko simbiontskih kljunatih žuželk, z obgrizovanjem mladih sadik ali se prehranjujejo s semeni.

Načeloma tolerira nekoliko nižje temperature kot *S. invicta*. Po drugi strani je manj tolerantna na vročinski in izsušitveni stres, kar bi bil lahko razlog, da je *S. invicta* bolj uspešna invazivna vrsta (Chen in sod. 2014).

Izven območja naravne razširjenosti je vrsta zabeležena le v določenih zveznih državah južnega in osrednjega dela ZDA (npr. Alabama, Mississippi, Tennessee, Arkansas), pri čemer na območjih prekrivanja arealov med *S. invicta* in *S. richteri* pogosto prihaja do križanja. Čeprav je bila vrsta v ZDA prvič zabeležena prej kot *S. invicta*, se je slednja tam veliko bolj razširila in je marsikje izrinila *S. richteri*. Ta vrsta se v ZDA pojavlja predvsem na pašnikih, kmetijskih površinah in tratah. Zaenkrat ni poročil, da bi bila *S. richteri* že kdaj registrirana v Evropi.

Negativni vplivi *S. richteri* so manj raziskani kot pri *S. invicta*. Na območjih v ZDA, kjer tvori stabilne populacije, tudi ta negativno vpliva na avtohtono favno nevretenčarjev, lahko napada vretenčarske vrste, saj ima prav tako učinkovit strup in agresivno brani svoje kolonije. Piki so boleči tudi za človeka in lahko povzročijo alergijske reakcije. Privlačijo jo električne naprave, kar lahko povzroči njihovo nedelovanje. Poročajo tudi o povzročeni škodi v kmetijstvu (škoda na poljščinah in v sadjarstvu).

2.3 *Solenopsis geminata* (Fabricius, 1804)

Solenopsis geminata (angl. »tropical fire ant«, slov. tropska ognjena mravlja) je polimorfna vrsta, ki jo od prejšnjih dveh vrst tega rodu (*S. invicta* in *S. richteri*) najlaže ločimo po velikih delavkah, ki imajo pri tej vrsti močno povečane oglate glave, ki so zadaj močno vbočene, imajo po sredini izrazito vzdolžno brazdo in črne mandibule. Barva telesa je precej variabilna, najpogosteje so oranžaste z nekoliko temnejšim zadnjim delom zadka, lahko pa so tudi enotno črnorjave.

Območje naravne razširjenosti je Južna in Srednja Amerika ter južni predeli ZDA. Poseljuje tropska območja večinoma do nadmorske višine 500 m, predvsem odprte habitate, delno tudi gozdnate površine, v katerih pa izbira bolj odprte mikrohabitate. Predvsem v motenih habitatih se pogosto hitro

širi in postane dominantna. Ob poplavljenosti površin podobno kot *S. invicta* tvori žive splave iz teles mravelj.

Mravljišča so v tleh, na površini pogosto v obliki kraterjev ali kupov do višine 30 cm in z več vhodi, lahko pa gnezdi tudi v trhlem lesu. Kolonije, ki vsebujejo eno ali več matic, so manjše kot pri prejšnjih dveh vrstah in praviloma štejejo nekaj 10.000 osebkov, posamezna pa tudi več kot 100.000. Podobno kot pri *S. invicta* novo kolonijo ustanovi ena ali več matic skupaj, ponavadi znotraj dveh kilometrov od matične kolonije. V primeru poliginičnih kolonij lahko nova kolonija nastane tudi s cepitvijo – mlada oplojena matica skupaj z delom delavk iz matične kolonije ustanovi novo kolonijo v bližini. Tudi ta vrsta je omnivorna. Poleg plenjenja drugih nevretenčarjev del hrane dobi preko simbiontskih kljunatih žuželk (rastlinski sokovi), večji delež kot pri *S. invicta* pa pri njej predstavlja prehranjevanje s semeni, ki jih shranjuje v svojih mravljiščih.

Območje, kamor je bila vrsta zanesena in se je tam razširila, je večje kot pri *S. invicta*, a slednja izriva vrsto *S. geminata* na območjih, kjer se pojavljata obe (npr. v ZDA). *Solenopsis geminata* je bila zabeležena na več tropskih in subtropskih predelih po svetu. Pojavlja se v več afriških državah, tropskih delih Azije in Avstralije, na številnih otokih in otočjih v Indijskem in Tihem oceanu, na Karibih in Kanarskih otokih. Južni deli ZDA delno predstavljajo njen naravni areal (npr. Florida), drugam na tem območju se je naselila verjetno že pred več stoletji, a se je pozneje njen areal tam zmanjšal, saj jo izriva *S. invicta*. Na omenjenih območjih se pojavlja predvsem na odprtih mestih ali gozdnih robovih, pogosta je v motenih habitatih, parkih in agrikulturni krajini. Če je na območju prisotna tudi *S. invicta*, jo ta izriva iz odprtih habitatov, zato jo tam najdemo tudi na bolj zaraščenih površinah. V zmernih pasovih je vrsta marsikje poznana iz ogrevanih stavb, med drugim tudi na Nizozemskem in Veliki Britaniji. V Evropi prisotnost *S. geminata* v zunanjem okolju ni potrjena. Objavljeni podatki, da naj bi bila najdena na Cipru in grškem otoku Zakintos (Collingwood 1993, Collingwood in sod. 1997), so po vsej verjetnosti napačni (Demetriou in sod. 2023).

Tam kjer se razširi, še posebno v motenih habitatih, hitro postane dominantna vrsta in negativno vpliva na avtohtone vrste. Podobno kot *S. invicta* izriva številne nevretenčarske vrste in lahko napada tudi manjše vretenčarje, med drugim je kriva za pogine izlegajočih se morskih želv. Povzroča škodo na kultiviranih rastlinah in uničuje semena določenih rastlin. Tudi njo privlačijo električne naprave, kar povzroča napake v njihovem delovanju. Ima učinkovit, za človeka podobno kot drugi dve vrsti tega rodu, potencialno nevaren strup.

2.4 *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863)

Wasmannia auropunctata (angl. »little fire ant« ali »electric ant«, slov. električna mravlja) enako kot vrste iz rodu *Solenopsis* spada v poddružino Myrmicinae. Je monomorfna vrsta, kar pomeni, da med delavkami v koloniji ni bistvenih razlik v velikosti. So zelo majhne mravlje, saj delavke praviloma niso večje od 2 mm. So rumenorjave barve z nekoliko temnejšim zadkom. Oprsje ima na koncu dobro razvite trne. Značilna morfološka znaka sta sekirasto oblikovani prvi člen opasja (petiolus) in žlebasta vdolbina na glavi, kamor lahko položi prvi člen tipalnic.

Tudi ta vrsta izvira iz tropskih predelov Južne in Srednje Amerike. Tam poseljuje zelo raznolike habitate, od sušnih do bolj vlažnih gozdnih habitatov, kot tudi manj poraščene površine, največkrat do nadmorske višine 500 m. Največjo številčnost praviloma dosega na ruderaliziranih površinah, ki so pod vplivom človeka.

Mravljišča si naredi na zelo raznolikih mestih, tj. v tleh, pod kamni, med gozdno steljo, v trhlem lesu na tleh in tudi na drevesnih delih. Je omnivorna, hrani se z drugimi manjšimi nevretenčarji (kot plenilec ali mrhovinar), s tekočo rastlinsko hrano, do katere pride na zunajcvetnih nektarijih ali preko simbioze s kljunatimi žuželkami, prehranjuje se tudi s semeni in elajosomi. V koloniji se delavke razvijejo iz oplojenih jajčec, matice pa pogosto nespolno preko partenogeneze. Kolonije so pogosto poliginične in vsebujejo veliko število matic. V tem primeru nove kolonije nastajajo s cepitvijo, tako da se del delavk z nekaj oplojenimi maticami odcepi od matične kolonije. Med temi bližnjimi kolonijami ni zaznati agresije in delujejo kot kot enotna superkolonija, ki je dominantna in agresivna do drugih vrst mravelj. Tak način širjenja praviloma srečamo v motenih habitatih in je poleg raznolike prehrane, široke izbire gnezdenja ter zelo učinkovitega strupa eden od razlogov za njen uspeh kot invazivne vrste na območjih, kamor je bila zanesena.

Vrsta se je naselila v določenih delih zahodne Afrike, na otokih oziroma otočjih v Tihem oceanu (Melanezija, Polinezija, Galapagos), na določenih Karibskih otokih, ponekod na jugu in zahodu ZDA (Florida, Kalifornija), poznana je tudi z več lokalitet v Izraelu (Vonshak in sod. 2010). V Evropi so nedolgo nazaj našli kolonije v zunanjem okolju v južni Španiji (Espadaler in sod. 2018, 2020), jugovzhodni Franciji (Blight in sod. 2024) in na Cipru (Demetriou in sod. 2023). V hladnejših predelih Evrope so jo v preteklosti zabeležili v ogrevanih stavbah (Velika Britanija, Nizozemska, Nemčija).

Na območjih, kamor je zanesena, ima številne negativne vplive in je uvrščena tudi na svetovni seznam 100 najbolj invazivnih tujerodnih vrst. Najbolj se širi v motenih habitatih in na agrikulturnih površinah. Njen negativni vpliv je najbolj očiten na določenih otokih (Galapagos, Salomonovi otoki, Nova Kaledonija), kjer poleg tega, da zmanjšuje tamkajšnjo biodiverziteto členonožcev, povzroča velik upad populacije določenih plazilcev, predvsem morskih želv. Tudi drugod vidno vpliva na sestavo avtohtone nevretenčarske favne. Električna mravlja negativno deluje na določene rastlinske vrste in zmanjšuje kmetijske pridelke. Zaradi bolečih pikov predstavlja nadlogo za ljudi, če pride strup v stik z očmi, lahko pride do poškodb vida (Rosselli & Wetterer 2017). Poleg tega se lahko naseli v domove, kjer si naredijo mravljišča v pohištvu ali v oblačilih. V hladnejših območjih se je ponekod namnožila v rastlinjakih in ima tam vlogo škodljivca.

Proti *W*. *auropunctata* je bila uporabljena predvsem kemična kontrola (insekticidi), ki se je izkazala za relativno učinkovito na nekaterih manjših otokih.

3. OCENA MOŽNOSTI NASELITVE INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST MRAVELJ NA OBMOČJU SLOVENIJE

Nobena od štirih ITVM, ki zadevajo Unijo, tj. *Solenopsis geminata*, *S*. *invicta*, *S*. *richteri* in *Wasmannia auropunctata*, še ni bila zabeležena v Sloveniji. Tudi za Evropo so podatki o pojavljanju teh vrst redki. Kljub temu je lahko neko območje, če bi bila vrsta tja zanesena, primerno za njeno naselitev, predvsem kar se tiče klime in ustreznosti habitatov. Ker smo v obdobju, ko se na Zemlji dogajajo klimatske spremembe, ki se v večjem delu Evrope kažejo tudi kot porast temperature, lahko postane neko območje primerno za naselitev vrste v prihodnosti, čeprav ji trenutne razmere tu ne ustrezajo. Tako se kot napoved oziroma oceno ustreznosti nekega območja za naselitev v zdajšnjih pogojih, kot tudi v prihodnosti, uporabljajo različni modeli za napoved potencialne razširjenosti vrst. Ti se pogosto uporabljajo tudi za oceno možnosti naselitve invazivnih tujerodnih vrst.

V zadnjem obdobju je bilo za omenjene štiri ITVM z uporabo različnih modelov narejenih več napovedi potencialne razširjenosti tako v trenutnih razmerah kot v bližnji prihodnosti, upoštevaje trend klimatskih sprememb (Morrison in sod. 2004, Sutherst & Maywald 2005, Federman in sod. 2013, Bertelsmeier in sod. 2015, Beckmann in sod. 2019, Coulin in sod. 2019, Lee in sod. 2021, Menchetti in sod. 2023).

Za vrsto *S. invicta* je bilo narejenih več ocen potencialne razširjenosti. Morrison in sod. (2004) ugotavljajo, da širjenje populacije te vrste v prvi vrsti omejujejo nizka temperatura (predvsem v zimskem času) in preveč sušne razmere (potrebna je letna količina padavin nad 510 mm). Po njihovem modelu je sredozemski del Evrope, vključno z območjem ob Jadranskem morju, primeren za naselitev vrste, medtem ko je na območju srednje Evrope med 45°N in 50°N geografske širine naselitev malo verjetna. Na udaru bi bili predvsem moteni habitati na odprtih mestih, v delih s hladnejšo klimo predvsem urbana območja zaradi umetnih virov toplote. Po modelu, ki sta ga uporabila Sutherst & Maywald (2005) je večji del srednje Evrope neprimeren za to vrsto, kaže pa se primernost v mediteranskem delu, med drugim še posebno v severnem delu Jadrana, ustreznost mediteranskega ozemlja pa se še bistveno poveča, če je dodan dejavnik namakanja površin. Zanimive so napovedi razširjenosti vrste *S. invicta*, ki so jih opravili Bertelsmeier in sod. (2015). Po njihovem modelu v trenutnih razmerah kaže večji del Evrope, vključno s Sredozemljem, nizke vrednosti primernosti za njeno naselitev, toda območje ob severni Jadranski obali (predvsem Padska nižina) kaže bistveno večje vrednosti primernosti. Razlog za to je po vsej verjetnosti dejstvo, da se *S. invicta* izogiba pretirano sušnim območjem, ki jih najdemo marsikje v Sredozemlju, medtem ko ima omenjeno območje več padavin, hkrati pa ima veliko urbaniziranih in agrikulturnih površin, kar naj bi ustrezalo tej vrsti. V napovedi njihovega modela za leto 2080 se verjetnost za naselitev na območju Evrope in Sredozemlja nekoliko poveča, so pa vrednosti bistveno nižje, kot to velja za območje ZDA ali Kitajske. V okviru odmevne najdbe *S. invicta* na Siciliji so Menchetti in sod. (2023) uporabili tudi modeliranje potencialne razširjenosti vrste za Evropo in Sredozemlje. V trenutnih klimatskih razmerah bi bil tudi obalni del Slovenije primeren za naselitev (ima srednje vrednosti primernosti). Ob upoštevanju klimatskih scenarijev za leto 2050 kaže submediteranski del Slovenije velik potencial za naselitev vrste, majhne vrednosti ustreznosti pa kažeta tudi osrednji in vzhodni del Slovenije. Če gledamo celotno območje Evrope in Sredozemlja, je trenutno 7 % površine potencialno ustrezne za naselitev, do leta 2050 pa bi lahko ta vrednost narasla na 25 % površine.

Za vrsto *S. richteri* je bila narejena le ena ocena potencialne razširjenosti (Bertelsmeier in sod. 2015). Kljub temu, da vrsta velja za nekoliko bolj tolerantno na nižje temperature kot *S. invicta*, pa model prikazuje območje Evrope, vključno z našim ozemljem, kot manj primerno za njeno naselitev v primerjavi s *S. invicta*.

Napovedi razširjenosti za vrsto *S. geminata*, ki so jih modelirali Bertelsmeier in sod. (2015), kažejo podobne rezultate, kot so jih dobili za vrsto *S. invicta*, z nekoliko nižjimi vrednostmi primernosti. Glede na rezultate, ki so jih za to vrsto dobili Lee in sod. (2021), v trenutnih razmerah večji del Evrope (vključno s Slovenijo) bodisi ni primeren ali je le obroben za naselitev. Do leta 2050 se možno območje za naselitev sicer poveča, a večinoma ostaja obrobno.

Za vrsto *W. auropunctata* napovedi Bertelsmeier in sod. (2015) kažejo, da z izjemo zahodnega in južnega dela sredozemske Evrope, lahko ozemlje Evrope, vključno s Slovenijo, označimo kot neprimerno ali malo primerno za naselitev vrste, do leta 2080 pa bi se za območje Sredozemlja primernost celo zmanjšala. Za trenutne razmere so podobne rezultate dobili Beckmann in sod. (2019), a po njihovem modelu se ustreznost za naselitev do leta 2070 na območju Sredozemlja, tudi v našem delu, bistveno poveča. Federman in sod. (2013) so v model napovedi dodali tudi spremenljivko

namakanja površin. Rezultati takega modela kažejo, da bi bila velik del južnega dela srednje Evrope in Sredozemlje lahko primerna za naselitev *W*. *auropunctata*.

Če iz omenjenih napovedi potencialne razširjenosti za ITVM povzamemo možno naselitev na območju Slovenije, potem večina raziskav za te vrste, še posebej za *S*. *invicta*, prikazuje submediteranski del države, predvsem obalni del, kot potencialno primeren za naselitev. Ob upoštevanju trenda klimatskih sprememb se primernost za naselitev čez nekaj desetletij v tem delu še poveča, hkrati pa bi bila lahko potencialno primerna tudi določena območja v notranjosti Slovenije, še posebej urbana središča zaradi višjih temperatur. Pomemben dejavnik, ki poveča verjetnost za naselitev vrste, je namakanje površin, zato bi bila za pojav vrst še posebej na udaru površine, kot so mestni parki ali vrtovi, kjer prihaja do zalivanja, kot tudi agrikulturna krajina.

4. STROKOVNA OCENA VPLIVA INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST MRAVELJ V SLOVENIJI

4.1 Vpliv na biodiverziteto

V nadaljevanju predstavljamo možne vplive na biodiverziteto, ki bi jih ITVM imele v primeru, da bi se naselile v Sloveniji. Ocena vpliva za območje Slovenije je narejena na podlagi podatkov z drugih območij, kamor so bile vrste zanesene in so bili njihovi vplivi raziskani, ter na podlagi narejenih ocen vpliva za območja v EU.

Vpliv mravelj *Solenopsis geminata*, *S*. *invicta*, *S*. *richteri* in *Wasmannia auropunctata* na avtohtone rastlinske in živalske vrste v Sloveniji oziroma na tukajšnje ekosisteme bi bil v primeru njihove naselitve po vsej verjetnosti zaznaven in večinoma negativen. Ker so primeri pojava omenjenih vrst na območju Evrope redki in njihovi učinki tukaj slabo raziskani, je težko natančneje oceniti, v kakšnem obsegu bi se njihovi vplivi pokazali na območju Slovenije. Kot je bilo prikazano predhodno, je možnost naselitve teh vrst največja v submediteranskem delu Slovenije, zato bi bila pod njihovim vplivom predvsem biodiverziteta tega dela države. Glede izbire habitatov bi bil pojav in vpliv vrst najbolj očiten v motenih habitatih (ruderaliziranih površinah), med drugim na raznih urbanih površinah (mestni parki, trate, vrtovi, površine okoli cest, zapuščene površine ob objektih) in na kmetijskih površinah (npr. na pašnikih, robovih polj). Pri tem je treba opomniti, da je v motenih habitatih pogosto težko ločiti med vplivi, ki jih v takem habitatu predstavljajo neposredne motnje, in med vplivi samih invazivnih vrst. Po vsej verjetnosti bi bili manj prizadeti naravni habitati, čeprav bi se lahko naselile tudi tam predvsem na odprtih površinah (npr. na kserotermofilnih travnikih in grmičevju vključno z gozdnimi robovi) v submediteranskem delu države. Najbolj problematičen bi bil po vsej verjetnosti pojav vrste *S*. *invicta*, saj se njeni negativni vplivi kažejo na številnih nivojih, hkrati pa vrsta kaže največji potencial za naselitev pri nas. Opazne negativne učinke lahko pričakujemo tudi v primeru naselitve vrste *W*. *auropunctata*. Vrsta *S*. *geminata* ima nekoliko manj izražene negativne okoljske vplive kot prvi dve vrsti. Vplive vrste *S*. *richteri* na tukajšnjo biodiverziteto je najteže oceniti, saj njeno območje, ki ga je poselila, ni veliko in tudi raziskanih vplivov je zato precej manj kot pri drugih vrstah. Na območju ZDA, kjer se pojavlja tudi *S*. *invicta*, ta izrinja vrsto *S*. *richteri*, a v primeru pojava pri nas ob odsotnosti *S*. *invicta*, bi tudi *S*. *richteri* po vsej verjetnosti imela negativne učinke na biodiverziteto.

Pojav štirih ITVM bi v Sloveniji po vsej verjetnosti negativno vplival na populacije številnih nevretenčarskih vrst in posledično povzročil upad njihove biodiverzitete. V primeru, da bi se določena invazivna vrsta širila, bi to v prvi vrsti povzročilo izrivanje naših domorodnih vrst mravelj. Za mravlje velja, da so njihove kolonije v stalnih kompeticijskih odnosih z drugimi kolonijami (iste ali druge vrste). V habitatih, kjer se omenjene vrste naselijo, še posebno če so to moteni habitati, imajo vlogo dominantnih vrst, za katere velja, da na svojem teritoriju izrivajo večino drugih vrst mravelj. Tako je vrsta *Wasmannia auropunctata*, ki se je pojavila na jugu Španije in razširila na območju približno 6 ha, na tej površini izrinila praktično vse domorodne vrste mravelj (Pradera & Espadaler 2024). Podoben upad je favna mravelj doživela tudi ob pojavu te vrste v Izraelu (Vonshak in sod. 2010). Kot omenjeno imajo na mravlje v številnih ekosistemih vlogo dominantnih organizmov, srečamo jih v odnosih s številnimi drugimi živalskimi in rastlinskimi vrstami, v določenih okoljih imajo vlogo vodilnih plenilcev nevretenčarjev. To pomeni, da bi izginotje določenih vrst domorodnih mravelj vplivalo tudi na druge skupine nevretenčarjev, kjer bi nekateri doživeli upad številčnosti, nekateri pa bi se močno namnožili. Ognjene mravlje in *W*. *auropunctata* tudi neposredno vplivajo na različne nevretenčarske skupine preko predacije ali odganjanja z učinkovitim strupom. V primeru njihovega pojava bi tudi v Sloveniji po vsej verjetnosti zaznali upad populacij ali spremembe v sestavi populacij skupin nevretenčarjev, kot so hrošči, dvokrilci, ravnokrilci, gosenice metuljev, mrežekrilci, pajki, mokrice, polži. Ker lahko pričakujemo, da bi bil vpliv ITVM v Sloveniji najbolj zaznaven v submediteranskem delu, kjer sicer živi več za Slovenijo redkih vrst mravelj in nevretenčarjev iz naštetih skupin, bi posledično lahko prišlo do izgube teh vrst za našo državo.

Ognjene mravlje gradijo obsežna talna mravljišča in pri tem vplivajo na fizikalne in kemijske značilnosti tal. V primeru, da bi se v določenem habitatu vrsta namnožila in bi bilo teh mravljišč veliko, bi to vplivalo na talno nevretenčarsko favno.

ITVM bi lahko negativno vplivale tudi na določene naše vretenčarske vrste (dvoživke, plazilce, ptiče). Ogroženi bi bili predvsem izlegajoči se osebki, mladiči in šibki osebki, ki jih te mravlje pogosto napadajo na svojih teritorijih, zaradi njihovega močnega strupa pa lahko pride tudi do smrti osebkov.

Pojav ITVM v Sloveniji bi lahko imel negativen vpliv na različne rastlinske vrste, vključno s kulturnimi. Škodo na rastlinah lahko pričakujemo zaradi več dejavnikov. Ognjene mravlje ob gradnji talnih mravljišč pogosto poškodujejo korenine in podzemne gomolje. Do škode pride tudi, ker se mravlje prehranjujejo z mladimi poganjki rastlin ob kalitvi. Prihajalo bi lahko do poškodb na določenih drevesnih vrstah, saj npr. *S*. *invicta* grize lubje in kambij, da bi prišla do rastlinskih sokov, hkrati se prehranjuje z mladimi poganjki na vejicah, razvijajočimi se plodovi in povzroča škodo na cvetovih. Ognjene mravlje, še posebej *S*. *geminata*, se prehranjujejo s semeni in s tem zmanjšujejo možnost širjenja rastlin v naravnih habitatih, kar bi po vsej verjetnosti zaznali tudi v primeru pojava teh mravelj pri nas. Njihov vpliv na rastline bi bil tudi posreden. Mravlje gojijo simbiontske kljunate žuželke (listne uši, kaparje), preko katerih pridejo do rastlinskih sokov. Namnožitev določene izmed ITVM ima lahko nasprotujoče posledice za rastline. Zaradi povečane številčnosti simbiontov in s tem sesanja rastlinskih sokov lahko pride do oslabitve določene rastline, lahko pa je učinek za rastline pozitiven, saj mravlje z rastline, kjer gojijo simbiontske žuželke, odganjajo rastlinojede, za rastlino potencialno škodljive žuželke. Določene rastline, ki jih najdemo tudi pri nas, npr. vijolice (*Viola* spp.), krvavi mlečnik (*Chelidonium majus*), so mirmekohorne – za raznašanje njihovih semen skrbijo mravlje, ki se prehranjujejo s hranljivimi priveski na semenih (elajosomi), seme pa pustijo nepoškodovano. Če bi ITVM v nekem habitatu izrinile avtohtone mravlje, ki raznašajo semena (npr. vrste iz rodov *Myrmica* in *Formica*), bi to pomenilo zmanjšano razširjanje mirmekohornih rastlinskih vrst. Sicer tudi *W*. *auropunctata* prenaša semena mirmekohornih vrst, a pogosto na manjše razdalje kot to velja za naše

vrste. Nenazadnje omenjene ITVM plenijo tudi določene opraševalce, kar bi imelo negativen vpliv na žužkocvetne rastlinske vrste.

4.2 Drugi možni vplivi

Pojav ITVM v Sloveniji bi po vsej verjetnosti imel tudi negativne ekonomske učinke in bi neposredno vplival na zdravje in aktivnost ljudi.

Škoda, ki jo te vrste povzročajo na rastlinah, bi bila verjetno prisotna tudi na kulturnih rastlinah, saj se vrste v večjem številu pojavljajo na površinah, ki so pod vplivom človeka, kamor spadajo tudi agrikulturne površine. Na podlagi že znanih podatkov z drugih območij bi tudi pri nas lahko prišlo do škode na raznih kulturnih rastlinah, npr. na krompirju, sončnicah, koruzi, paradižniku, seveda pa je obseg možne škode težko oceniti. V ZDA so iz preteklosti znani primeri, ko je zaradi rdeče ognjene mravlje ponekod na krompirjevih njivah prišlo do 45 % izgube pridelka (Adams in sod. 1988). Po drugi strani so tudi primeri, ko je bila prisotnost ITVM pozitivna za kulturne rastline, ker so mravlje zmanjšale številčnost za te rastline škodljivih žuželk (npr. gosenic).

Posledice bi lahko čutili v živinoreji, če bi se mravlje v večjem številu pojavile na pašnih površinah, saj lahko zaradi močnih pikov odganjajo živino.

Možen je tudi dodaten negativen vpliv na kmetijsko dejavnost v primeru pojava večjega števila mravljišč ognjenih mravelj, saj ta spreminjajo površino kmetijskih zemljišč in lahko otežkočajo delo s stroji na takih površinah.

Ker je v primeru naselitve vrst v Sloveniji pričakovati prisotnost v urbanih območjih, bi lahko predvsem *S. invicta* zaradi gradnje talnih mravljišč povzročila poškodbe na cestnih in tlakovanih površinah. Predvsem za *S. invicta* je značilno, da jo privlačijo električne naprave in posledično povzročijo napake v njihovem delovanju. Tudi pri nas bi lahko prišlo do problemov v delovanju raznih električnih naprav, npr. transformatorjev, semaforjev, električnih motorjev, črpalk.

Vse štiri vrste, še posebej *S. invicta*, ob vznemirjanju njihovih kolonij delujejo agresivno in imajo boleče ter za človeka zaradi možnih alergijskih reakcij potencialno nevarne pike. S tem posledično vplivajo na človekovo aktivnost na območjih, kjer so prisotne. Ker predvidevamo, da bi se vrste pri nas naselile predvsem na mestih, kjer je človekova prisotnost povečana (mestni parki, vrtovi, druge urbane površine), lahko tam zaradi pikov pričakujemo povečane zdravstvene težave ljudi, posledično tudi izogibanje površinam, kjer bi bile mravlje prisotne.

5. METODOLOGIJA ZA ZGODNJE ODKRIVANJE INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST MRAVELJ

5.1 Pregled metodologij za zgodnje odkrivanje vrst, ki se uporabljajo v drugih državah

Največ ukrepov za zgodnje odkrivanje kot tudi za odstranjevanje se izvaja na vrsti *S. invicta*, saj ima ta od vseh štirih ITVM najdaljšo zgodovino pojavljanja kot invazivna vrsta in posledično raziskovanja njenih negativnih vplivov. V ZDA je *S. invicta* (kot tudi *S. richteri*) karantenski škodljivi organizem. Z območij, kjer je vrsta prisotna, je brez ustreznih dovoljenj prepovedano prenašati material, kjer pogosto najdemo mravljišča: rastline s prstjo predvsem v povezavi z vrtnarsko trgovino, zemlja (vključno z opremo, ki je povezana s premikanjem zemlje), travna ruša, seno in tudi številno drugo blago, za katero inšpekcijske službe ugotovijo, da lahko prispeva k širjenju. Na točkah, kjer je večja verjetnost za njihovo prisotnost, kot eno izmed metod za iskanje uporabljajo vizualno detekcijo, kar v primeru *S. invicta* pomeni predvsem iskanje značilnih mravljišč v obliki kupov iz izkopane prsti. Pri tem se osredotoča predvsem na mesta (habitate), ki jih te mravlje ponavadi poseljujejo. Potencialno prisotnost, predvsem ko gre za manjša območja, ugotavljajo tudi z nastavljanjem vab. Kot sredstva za privabljanje (atraktante) se uporabljajo npr. mačja hrana, koščki mesa ali tune, arašidovo maslo. Ta se na vzorčnem mestu postavijo v lončke ali na petrijevke, pogosto v transektu ali kot mreža, razdalja med vabami je med 60 m (večje površine) in 15 m (manjše površine). Postavijo se, kadar se pričakuje, da so ognjene mravlje aktivne, kar pomeni pri temperaturi med 18 °C in 32 °C, in poberejo po približno eni uri (USDA 2010). Hkrati je vrsta dobro poznana tudi med širšo javnostjo, zato so pomembni podatki v okviru občanske znanosti ("Citizen Science") o morebitnem pojavu na novem območju.

Vrsti *S. geminata* in *W. auropunctata* sta se med drugim naselila na številnih otokih in otočjih na Pacifiku in Karibih, kjer ogrožata občutljivo otoško floro in favno. Tako na Havajih veljajo strogi ukrepi pri vnosu blaga z območij, kjer sta vrsti prisotni (Krushelnycky in sod. 2005, Vanderwoude in sod. 2015). Blago, ki prihaja na otočje iz celinske ZDA, mora biti že tam ustrezno pregledano (certificirano). V primeru, da to tega ni prišlo, na vstopni točki na Havajih ostaja v karanteni do natančnega pregleda. Ko se je *W. auropunctata* pojavila na določenih delih otočja, so znotraj otočja določili karantenska območja. Prevoz rastlinskega materiala (npr. lončnic), ki je bil glavni način prenosa vrste, je moral biti pred prevozom na druge otoke inšpekcijsko pregledan. Kljub ukrepom se je vrsta razširila na več Havajskih otokov, a predvidevajo, da bi bilo naseljeno območje še precej večje, če ne bi bilo strogih ukrepov. Za zgodnje odkrivanje *W. auropunctata* na otočju na točkah, kjer je večja verjetnost pojava vrste (pristanišča, letališča), nastavljajo vabe, ki vsebujejo marmelado ali mešanico mesa in arašidovega masla. Monitoring se izvaja redno, pogostost pa je odvisna od tega, ali so bile mravlje na lokaciji odkrite že prej ali ne. Druga raziskava priporoča dva tipa vab za to vrsto (Vanderwoude in sod. 2009). Za pregledovanje v objektih ali rastlinjakih je uporabno arašidovo maslo nastavljeno v manjših lončkih, ki se jih postavi v obliki mreže (vsaj eden na površini 10 x 10 m) in pobere po 60 do 90 minutah. V habitatih s posameznim drevjem se arašidovo maslo namaže na en konec jedilne paličice, postavi ob dno drevesa ali na neko senčno mesto na vsakih pet do deset metrov in pregleda po 45 do 120 minutah.

Na Kitajskem se je vrsta *S. invicta* naselila v južnih delih države in je uvrščena na listo karantenskih škodljivcev. Wang in sod. (2013) ugotavljajo, da je na mestih pogostega pojavljanja vrste (npr. kontejnerska skladišča ob morskih pristaniščih) poleg vizualnega pregleda najbolj učinkovit monitoring z uporabo vab. Te se razlikujejo odvisno od vrste blaga, kjer se pričakuje pojav mravelj. Vabe s klobaso

so se izkazale za učinkovito metodo za odkrivanje prisotnosti na cvetličnih sadikah. Za uporabo je bila predlagana tudi mešanica ribjega peptona in arašidovega olja, ki močno privlači ognjene mravlje.

Na ozemlju Avstralije se je *S. invicta* pojavila v več ločenih vdorih in bila večinoma uspešno odstranjena v okviru nacionalnega programa za izkoreninjenje rdeče ognjene mravlje (Wylie in sod. 2019). V primeru pojava mravelj je določen nadzor v polmeru 5 km od zaznanih mravljišč, kjer se ugotovi, če je vrsta prisotna, in sicer z vizualno detekcijo in s postavljanjem vab. Na tem območju je omejen prenos materiala, ki prestavlja tveganje, da vsebuje kolonije (zemlja, kompost, hlodi, kmetijska oprema, tovorna vozila, ki prevažajo zemljo ali odpadke). Ko je na okuženem območju končana kontrola z uporabo insekticida, se izvedeta dva kroga nadzora območja v razmaku enega leta, pri čemer so uporabili tudi pse, ki so bili natrenirani, da prepoznajo vonj ognjenih mravelj. Podobno naj bi s programom za izkoreninjenje uspešno zajezili širjenje *W. auropunctata* v Queenslandu. Za nadziranje območij in ugotavljanje prisotnosti te vrste so uporabili talne vabe s hot dog hrenovkami ali nastavili talne pasti (pitfall traps) z vabo, ki so jih pregledali po enem tednu.

Stringer in sod. (2011) so ugotavljali učinkovitost vab za *S. invicta*, ki bi jih lahko uporabljali za zgodnje odkrivanje morebitnih vdorov vrste na Novo Zelandijo. Najbolj primerna za privabljanje mravelj je bila mešanica arašidovega masla v sojinem olju z mletim mesom. Za detekcijo večjih kolonij so najbolj primerne odprte vabe, ki se pregledajo po eni ali dveh urah, za manjše kolonije pa je najboljša uporaba talnih pasti s fiksativom, v katerih je tudi vaba.

Metode za ugotavljanje prisotnosti *S. invicta* (iskanje značilnih kupov in nastavljanje vab) se lahko uporabijo tudi za drugi dve ognjeni mravlji (*S. geminata* in *S. richteri*).

Ob nedavnem pojavu vrste *W. auropunctata* v Španiji so njeno prisotnost na območju ugotavljali z nastavljenimi vabami, ki so jih postavili na več transektih (Pradera & Espadaler 2024). Na posamezni točki z vabo je bila lesena paličica, ki je na eni strani vsebovala tuno, na drugi arašidovo maslo, zraven pa je bila še odprta epruveta s sladkano vodo. Vabe so bile nastavljene sredi dneva in bile pobrane po 3 do 4 urah.

Ujiyama & Tsuji (2018) sta predstavila teoretični matematični model za izdelavo učinkovitega monitoringa ob začetnem pojavu invazivnih vrst mravelj (na primeru *S. invicta*). Ob upoštevanju dejavnika stroškov je monitoring učinkovit, če se izvede na tri leta vsaj v polmeru 4 km od izvornega mravljišča in je med vabami razmak 30 m, pri čemer se v vmesnem času mesto vab premakne.

V zadnjih letih se za ugotavljanje prisotnosti določene vrste vedno bolj uporablja detekcija z eDNA (okoljska DNA), kar bi lahko aplicirali tudi na invazivnih vrstah mravelj. Villacorta-Rath in sod. (2023) so z metodo eDNA uspešno ugotovili prisotnost invazivne vrste mravlje *Anoplolepis gracilipes* z detekcijo eDNA v vodi, ki se je spirala s površine tal, kjer je gnezdila *A. gracilipes*.

5.2 Prednostne poti vnosa in širjenja invazivnih tujerodnih vrst mravelj na območju EU

Da bi lahko izvajali metodologijo za zgodnje odkrivanje ITVM, je pomembno vedeti, katere so prednostne poti vnosa in širjenja teh vrst. V okviru ocene tveganja ("Risk Assessment") za naselitev ITVM, ki zadevajo Unijo, ki je bila narejena za območje EU (Blight 2017, 2018, 2021a, 2021b), so med drugim predstavljene najbolj verjetne poti vnosa vrst v EU in njihovo širjenje, medtem ko konkretnih metodologij za zgodnje odkrivanje študije ne predstavljajo.

Za vrsto *Solenopsis invicta* (podobne ocene veljajo tudi za drugi dve ognjeni mravlji) je kot glavna pot vnosa na ozemlje EU naveden transport rastlinskega materiala z zemljo v okviru hortikulturne (vrtnarske) trgovine kot tudi kontaminirane prsti ali objektov, ki so bili v stiku s to prstjo, ki pridejo z območij s prisotnimi ITVM s kontejnerskim tovorom in bi lahko vsebovali mravljišča. Seveda pa lahko mravljišča *S. invicta* najdemo tudi v številnem drugem blagu, npr. med kmetijskimi pridelki, gradbenim materialom, lesnim materialom, v vozilih in električni opremi. V EU že velja prepoved uvoza nekaterega rastlinskega materiala iz določenih tretjih držav, med katerimi so tudi območja s *S. invicta*, ali pa mora biti rastni medij za rastline brez prsti, kmetijska vozila pa očiščena od prsti (Commission Implementing Regulation (EU) 2019/2072, Annex VI). Noordijk (2010) v okviru ocene tveganja za ognjene mravlje za Nizozemsko predlaga poostren inšpekcijski nadzor blaga v pristaniščih in na letališčih, ki predstavlja večje tveganje za vnos vrste (npr. vrtnarsko blago), če prihaja z okuženih območij. Ob najdbi mravljišča ga je treba uničiti, četudi gre za druge vrste, saj vsaka tujerodna vrsta predstavlja možno motnjo, pri čemer je treba pred uničenjem vzeti nekaj osebkov za natančno identifikacijo in zbirko. Možno je, da bi bile na ozemlje EU s transportom zanesene le posamezne predhodno oplojene matice (torej ne že ustanovljena kolonija v mravljišču), ki bi prišle z blagom kot slepe potnice ("hitchhikers"). Za ognjene mravlje velja, da mora matica po oploditvi najti pravo mesto in začeti ustanavljati novo kolonijo v 6 do 7 urah, sicer se možnost za uspešno ustanovitev močno zmanjša. Ker trajanje transporta iz območij, kjer so ognjene mravlje prisotne, do ozemlja EU traja praviloma dlje časa, tak način vnosa ne predstavlja večje nevarnosti. Sicer so na Nizozemskem največkrat prestregli vrsto *S. geminata*, izvor blaga je bila v tem primeru največkrat Tajska (Noordijk 2010).

Prednostni načini vnosa so zelo podobni tudi za vrsto *Wasmannia auropunctata*. Tudi tu je najbolj verjeten vnos mravljišč z rastlinami s substratom za vrtnarske namene kot tudi same prsti, lesa, gradbenega materiala in strojev, mravljišča so lahko tudi v prehrambenih izdelkih. Največja verjetnost prihoda je preko ladijskega kontejnerskega ali zračnega transporta iz Južne in Srednje Amerike, kjer je vrsta razširjena. Enako kot za ognjene mravlje velja, da je vnos, ki bi predstavljal nevarnost za nadaljnje širjenje, manj problematičen preko posameznih oplojenih matic kot slepih potnic, saj tudi za to vrsto velja, da možnost preživetja matic hitro pada ob dolgotrajnejšem času transporta.

V okviru omenjenih ocen tveganja za ITVM je kot prednostni način širjenja vrst na ozemlju EU nedvomno označen transport blaga, saj se po naravni poti (spontano širjenje) vse te štiri vrste širijo le na manjše razdalje. Te poti širjenja so podobne, kot so navedene pri vnosu, torej transport naštetega blaga, kjer največjo verjetnost za prenos predstavlja vrtnarsko blago. To blago se pogosto skladišči ali sadi na za invazivne mravlje zelo primernih mestih, kot so vrtovi, parki, površine ob cestah v mestnih, primestnih in na kmetijskih območjih. Blago, ki vsebuje mravljišča, lahko izhaja iz točk vnosa ali se prenese iz območij v EU, kjer bi se vrste naselile. Če transport ne traja predolgo, so lahko dodaten dejavnik prenosa mlade oplojene matice, ki kot slepe potnice pridejo v vozila in se prenesejo na novo mesto, ki je lahko primerno za ustanovitev nove kolonije.

V pravkar izdanem poročilu Blight & Rabitsch (2024) predlagata 7 ukrepov, s katerimi bi izboljšali varnost pred posledicami invazivnih tujerodnih mravelj v Evropi: 1.) Prepovedati kakršen koli uvoz tujerodnih vrst mravelj v Evropo, ki služijo za komercialne ali osebne namene (npr. mravlje, ki jih ljudje gojijo v formikarijih); 2.) Izdelava preventivnega načrta za invazivne mravlje na nivoju EU (ta naj med drugim vključuje ukrepe, ki jih je treba izvesti na točkah vnosa, in ukrepe za nadzor ter monitoring na teh območjih); 3.) Sodelovanje z državami na točkah izvoza, od koder izvirajo pogosti vnosi invazivnih vrst; 4.) Izdelava načrta za upravljanje z invazivnimi mravljami, v katerem so zbrani ukrepi, ki jih je treba sprejeti med prevozom in na vstopnih točkah kot tudi metode za izkoreninjenje ali nadzor vrst, ko se te ustalijo; 5.) Ustvariti mrežo taksonomov, strokovnjakov za mravlje, ki bodo lahko potrjevali

identifikacije invazivnih vrst; 6.) Ozaveščanje, podpora in usposabljanje fitosanitarnih inšpektorjev, osebja za biološko varnost v državah članicah, zaposlenih v botaničnih vrtovih in rastlinskih nasadih ter drugih zainteresiranih strani o vplivih invazivnih mravelj; 7.) Na nivoju EU je treba ustanoviti sklad za nujne primere ob pojavu ITVM za podporo in takojšnje ukrepanje.

5.3 Metodologije za zgodnje odkrivanje in spremljanje pojavljanja invazivnih tujerodnih vrst mravelj v Sloveniji

Čeprav na seznamu vrst v Akcijskem načrtu za obravnavanje prednostnih poti vnosa in širjenja invazivnih tujerodnih vrst, ki zadevajo Unijo (2022-2027) (Strateški cilj 6.1), invazivne tujerodne vrste mravelj niso uvrščene, je zaradi njihovih številnih negativnih vplivov in velikega potenciala širjenja potrebno njihovo spremljanje. Zato je tudi za te vrste mravelj (*Solenopsis geminata*, *Solenopsis invicta*, *Solenopsis richteri* in *Wasmannia auropunctata*) potrebno vzpostaviti metodologijo za njihovo zgodnje odkrivanje.

Invazivne vrste, med njimi tudi ITVM, pogosto vstopajo v države z blagom, ki se prevaža z ladijskim ali letalskim transportom in ki izvira z območij z naseljenimi invazivnimi vrstami. Pri tem je pomembno ustrezno delovanje inšpekcijskih služb, ki na točkah vstopa pregledujejo to blago. Inšpekcijske službe je treba seznaniti z možnostjo vnosa ITVM, z osnovnimi značilnostmi teh štirih vrst in z glavnimi ukrepi v primeru odkritja mravljišča. Če se med blagom odkrije neko mravljišče, ga je treba uničiti, četudi ne pripada nobeni izmed teh štirih ITVM, saj potencialno vsaka tujerodna vrsta predstavlja tveganje. Kako uničiti mravljišče je odvisno predvsem od števila najdenih mravljišč v tovoru in od vrste tovora. Če gre le za posamezna, manjša izolirana mravljišča, jih lahko spravimo v ustrezno vrečo in potem izpostavimo visoki ali nizki temperaturi (jih sežgemo, potopimo v vrelo vodo ali damo zamrzniti). Sicer je najbolj učinkovita uporaba insekticidov. Tako za uničenje *S. invicta* v lončnicah in podobnem rastlinskem blagu, ki se nahaja v kontejnerjih, ustrezne ameriške institucije predlagajo uporabo insekticidov bifentrin ali klorpirifos (USDA 2015). Pred uničenjem je treba vzeti nekaj osebkov in jih fiksirati v 96 % etanolu za kasnejšo determinacijo, ki jo izvede strokovnjak. Vsak vzorec je treba opremiti z oznako z ustreznimi podatki: datum in lokacija najdbe, opis blaga, kjer je bilo mravljišče, njegov izvor, ime nabiralca primerkov. Če se ob najdbi mravljišč oceni, da obstaja možnost, da je v tovoru več mravljišč, je treba blago (npr. v kontejnerju) pregledati. Mravljišča se lahko iščejo vizualno na ustreznih mestih (npr. prst med rastlinjem), učinkovito pa je tudi nastavljanje vab (glej v nadaljevanju).

Potreben ukrep za zgodnje odkrivanje in zmanjšanje možnosti širjenja ITVM v zunanjem okolju je spremljanje stanja na določenih prednostnih območjih oziroma točkah, kjer je večja verjetnost njihovega pojavljanja in od koder bi se lahko vrste širile in naseljevale v zunanjem okolju. Izvajalce monitoringa na teh točkah je najprej treba seznaniti z osnovnimi značilnostmi ITVM, da so sposobni osnovne identifikacije na terenu. Na splošno je identifikacija vrst mravelj v številnih primerih precej zahtevna, sploh s prostim očesom na terenu, zato naj imajo izvajalci s sabo ročno lupo z 20- do 30-kratno povečavo. Pomemben znak prisotnosti ognjenih mravelj, še posebej *S. invicta*, katere možnost naselitve pri nas je med ognjenimi mravljami največja, so njihova značilna mravljišča, ki so v obliki kupov iz izkopane prsti z dimenzijami od 10 do 60 cm (premer) in do nekaj 10 cm višine (lahko tudi do pol metra). Mravljišča so lahko tudi precej neopazna (manjše kolonije), poleg tega podobna mravljišča s kupi izkopane prsti delajo tudi nekatere naše vrste. Kljub temu je opazovanje za kupi na že omenjenih mestih, ki jih ognjene mravlje praviloma poseljujejo na zanesenih območjih, uporabna metoda za

ugotavljanje njihove prisotnosti. Seveda mora izvajalec vsak kup, za katerega sumi, da bi lahko bil mravljišče ognjenih mravelj, preiskati (tj. nekoliko razdreti kup), da ugotovi identiteto mravelj. Po drugi strani je iskanje mravljišč vrste *W*. *auropunctata* precej bolj zahtevno, saj ta vrsta dela ponavadi precej manj opazna mravljišča, ki so lahko marsikje (v tleh, pod kamni, med steljo, v lesnem materialu). Dostikrat prej opazimo njene nabiralske poti (kolone mravelj), pri čemer se delavke na teh poteh premikajo precej počasi v primerjavi z večino naših vrst.

Za ugotavljanje prisotnosti ITVM moramo zato vizualno detekcijo (iskanje kupov ali nabiralskih poti z zelo majhnimi in počasnimi delavkami) kombinirati z metodo nastavljanja vab. Priporočamo vabe s kombinacijo arašidovega masla in koščkov tune (iz konzerve), ki ju lahko damo na manjše lesene palčke (npr. za sladoled), in sicer vsakega od obeh atraktantov na eno stran palčke, ki jo položimo na tla, ali atraktanta damo v manjše lončke (z nekaj cm širokim ustjem), ki jih na tla položimo s stranjo, da mravlje laže vstopajo, in jih po koncu nastavljanja enostavno zapremo. Na površini, kjer poteka vzorčenje, lahko vabe postavimo v transektu (npr. če iščemo mravlje ob cestah, ob stavbah) ali v obliki mreže (npr. iskanje na parkovni površini, travniku). Razdalja, na kateri postavljamo vabe, je odvisna predvsem od velikosti območja, ki ga preiskujemo, kot tudi od samega habitata. Če postavljamo v transektu, naj bo razdalja med vabami med 10 in 20 metrov. Če preiskujemo na površinah, kjer vabe postavimo v obliki mreže, naj bo ta razdalja okoli 20 m za površine do 1 ha oziroma večja za večje površine. Če je možno, naj bodo vabe v senci. Vabe naj se nastavijo sredi dneva, pri temperaturah vsaj 20 °C ter ob suhem in ne preveč vetrovnem vremenu. V primeru deževnega in hladnejšega vremena je treba monitoring prestaviti, saj so takrat mravlje manj aktivne in je velika verjetnost, da jih z vabami ne bomo privabili, tudi če bi bile prisotne na lokaciji. Vabe naj se pregledajo po eni do dveh urah.

V primeru ugotavljanja prisotnosti ITVM v zaprtih rastlinjakih, kjer monitoring ni odvisen od zunanjih vremenskih razmer, bomo tipična mravljišča ognjenih mravelj v obliki kupov redkeje našli. Tudi tu lahko izvajamo pregledovanje z nastavljanjem vab, pri čemer je njihova postavitev odvisna od samega prostora. Ker so v tem primeru mravlje prisotne v prostoru, kjer prihajajo v stike z ljudmi, in ker povzročajo boleče pike, je nedvomno uporabna informacija, ali so imeli v takem rastlinjaku v zadnjem obdobju probleme s povečanim številom bolečih pikov mravelj.

Če izvajalec ugotovi, da identiteta mravelj, ki so na vabi, ne ustreza nobeni izmed ITVM, naj vabo odstrani brez pobiranja delavk. Če sumi, da so na vabi (tudi) delavke, ki bi lahko pripadale tem vrstam, ali če sumi, da bi to lahko bile v preiskanem mravljišču ali na nabiralski poti, naj vabo (mravljišče/pot) fotografira, nekaj primerkov shrani v 96 % etanolu in vzorec ustrezno označi s podatki (datum, lokacija s koordinatami, opis habitata, kje so bili nabrani primerki (na vabi, v mravljišču, na poti z delavkami), ime nabiralca primerkov). Vzorec se v končni fazi pošlje imenovanemu strokovnjaku za potrditev identifikacije.

Če strokovnjak potrdi katero izmed ITVM, je treba pregledati bližnjo okolico najdene kolonije, da lociramo potencialna dodatna mravljišča. Določiti je treba območje okoli mesta z najdenimi mravljišči, znotraj katerega se opravi monitoring (vizualna detekcija in nastavljanje vab), da ugotovimo, ali so se tja kolonije že razširile po naravni poti. Priporoča se območje v polmeru od dveh (v primeru najdbe *W*. *auropuctata*) do štirih kilometrov (*Solenopsis* spp.). Pri tem naj bo monitoring usmerjen na habitate, ki jih te vrste preferirajo. Ker gre v takem primeru za pregled večjega območja, lahko vključimo tudi informacije, ki bi jih pridobili preko občanske znanosti, kar v primeru teh mravelj pomeni predvsem morebitna poročila o problemih ljudi zaradi bolečih pikov mravelj.

5.4 Metodologija za taksonomsko potrditev vrst

Mravlje so zaradi svoje majhnosti in številnih vrst taksonomsko precej zahtevna skupina. Za veliko rodov mravelj je za identifikacijo vrst nujna uporaba ustrezne strokovne literature (taksonomskih ključev), v nekaterih primerih pa tudi uporaba molekularnih metod. Prav tako je identifikacija skoraj nemogoča brez ustrezne optične opreme – stereomikroskopov z večjimi povečavami. Primer taksonomsko zahtevne skupine je tudi rod *Solenopsis*, ki vsebuje več kot 200 vrst, številne med njimi so si morfološko precej podobne. Zato mora biti prisotnosti določene izmed ITVM nujno potrjena s strani strokovnjakov za mravlje (mirmekologov), ki imajo na razpolago ustrezno taksonomsko literaturo, optično opremo za določanje, po možnosti primerke posameznih vrst v zbirki za primerjavo vzorcev in dovolj izkušenj z določanjem mravelj.

Predlagamo imenovanje dveh mirmekologov, ki sta ustrezno usposobljena za identifikacijo, saj se lahko zgodi, da eden ne bi bil na voljo, ko bi bila potreba po identifikaciji nujna. Vzorce shranjenih (fiksiranih, po možnosti v 96 % etanolu) mravelj, ki so bile nabrane v okviru inšpekcijskega nadzora na točkah vnosa, ali so jih nabrali izvajalci v okviru monitoringa na izbranih lokacijah, se pošlje enemu od imenovanih strokovnjakov. Kot je bilo predhodno rečeno, naj se v primeru inšpekcijske najdbe mravljišča v uvoženem blagu, pred uničenjem mravljišča shrani nekaj primerkov mravelj, četudi se ugotovi, da ne gre za eno od štirih ITVM, saj so pomembni tudi podatki o drugih vrstah, ki so zanesene v Evropo. Prav tako naj se strokovnjaku pošlje material, ki je nabran v okviru občanske znanosti, kadar ta sodeluje s posredovanjem informacij.

Če strokovnjak v vzorcih potrdi prisotnost katerekoli izmed štirih ITVM, je treba podatke nemudoma javiti ustreznim institucijam. Predlagamo, da se del primerkov potrjene ITVM iz vsakega vzorca shrani v delovni zbirki imenovanega strokovnjaka, del pa v zbirki nevretenčarjev Prirodoslovnega muzeja Slovenije. Poleg tega priporočamo, da se del vzorca uporabi za molekurne analize. Rezultati teh analiz nam dajo podatke o natančnejšem izvoru najdene kolonije (npr. ali izhaja z območja njene naravne razširjenosti ali od nekje, kamor je že bila zanesena), lahko tudi ali gre za poliginičen ali monoginičen tip kolonij.

5.5 Protokol za sporočanje in beleženje podatkov pojavljanja vrst

V primeru pojava določene ITVM, ki zadevajo Unijo, v Sloveniji je treba odkritje brez odlašanja pisno priglasiti Komisiji EU in o pojavu obvestiti druge države članice. To pomeni, da je predhodno treba podatke o pojavu teh vrst v Sloveniji posredovati Zavodu Republike Slovenije za varstvo narave in Ministrstvu za naravne vire in prostor. Podatke o najdbi vrst je treba vnesti v ustrezno zbirko podatkov, ki bo del informacijskega sistema NarcIS.

V Sloveniji se s projektom »LIFE NarcIS - naravovarstveni informacijski sistem« (LIFE NarcIS - NAtuRe Conservation Information System - LIFE19 GIE/SI/000161), vzpostavlja nacionalni informacijski sistem za varstvo narave, ki bo omogočal enostaven dostop do podatkov o rastlinskih in živalskih vrstah, naravovarstvenih podatkov in drugih podpornih podatkov, ki jih varstvo narave potrebuje za svoje delovanje. Med drugim bo informacijski sistem NarcIS služil tudi kot enotna vstopna točka, kjer se bodo zbirali podatki o pojavljanju invazivnih tujerodnih rastlinskih in živalskih vrst v Sloveniji, in s tem omogočal učinkovit pregled nad stanjem v zvezi s temi vrstami ter posledično predstavljal izhodišče za izvajanje ukrepov za preprečevanje njihovega širjenja in ukrepov za odstranjevanje. To pomeni, da bo

treba kot del informacijskega sistema NarcIS vzpostaviti zbirko podatkov o invazivnih vrstah v Sloveniji, za katero bo skrbel ZRSVN.

V primeru taksonomske potrditve katerekoli od štirih ITVM v Sloveniji je potrebno podatke o najdbi vnesti v omenjeno zbirko podatkov o invazivnih vrstah. Podatki naj vsebujejo: identiteto vrste, lokaliteto s čim bolj natančnimi koordinatami, opis habitata, datum najdbe, ime osebe, ki je vir podatka (nabiralec), ime osebe, ki je potrdila identiteto vrste. Hkrati je priporočljivo posredovati še določene druge dodatne informacije o najdbi vrste, ki se pridobe na terenu, npr. opis mravljišča in njihovo (približno) število na lokaciji ter določena druga opažanja v zvezi z biologijo vrste.

6. PREDLOG PREGLEDA STANJA INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST MRAVELJ NA IZBRANIH TOČKAH V SLOVENIJI

Kot že omenjeno, nobena od štirih ITVM, ki zadevajo Unijo, še ni bila zabeležena v Sloveniji. Tudi v naši bližnji okolici te vrste še niso bile najdene. Sloveniji najbližje evropske lokalitete, kjer so se vrste naselile v zunanjem okolju, so Sicilija (*S. invicta*) ter južna Španija, jugovzhodna Francija in Ciper (*W. auropunctata*). Poleg tega so znane posamezne najdbe določenih vrst, ki so se naselile v ogrevanih objektih (Nizozemska, Vel. Britanija, Nemčija).

Omenjene vrste se lahko na neko novo območje širijo bodisi po naravni poti bodisi s pomočjo človeka (transport). Pri ognjenih mravljah naravna pot pomeni, da mlade matice po oploditvi odletijo na neko mesto, kjer začnejo ustanavljati novo kolonijo. Praviloma matice ne letijo dlje od 2 km. Pri vrsti *W. auropuntata* se nova kolonija praviloma ustanovi s cepitvijo matične kolonije, ko se mlade matice po oploditvi skupaj z delom delavk odcepijo od matične kolonije in nekje v bližini začnejo graditi svoje mravljišče. Pri ognjenih mravljah je tak način redek. Neka kolonija se lahko tudi premakne na bližnje mesto. To pomeni, da v trenutni situaciji, ko so nam najbližje znane kolonije teh vrst oddaljene 660 km in več, njihov prihod v Slovenijo po naravni poti ni mogoč. Možnost takega načina bi obstajala, če bi se v naslednjih letih določena vrsta pojavila v naši bližini. Kot je bilo prikazano z modeli za napoved potencialne razširjenosti vrst, kaže npr. Padska nižina še posebno za naslednja desetletja velik potencial za naselitev ITVM.

Vnos ITVM v Slovenijo bi bil v trenutnih razmerah mogoč le s pomočjo človeka. Potencialna naselitev vrste je možna z vnosom mladih oplojenih matic ali kolonije z delavkami in vsaj eno matico, ki lahko leže jajčeca. Če pride le do vnosa posameznih mravelj delavk, ki so nekako zašle med transportirano blago, naselitev ni mogoča, ker sterilne delavke ne morejo tvoriti nove kolonije.

Prednostno pot vnosa katerekoli izmed štirih ITVM predstavlja transport blaga po morju do Luke Koper ali po zraku do Letališča Ljubljana, in sicer blaga, ki prihaja iz območij, kjer so vrste razširjene, kar pomeni predvsem Južna in Srednja Amerika, južni deli ZDA, Kitajska in jugovzhodna Azija. Vnos iz Evrope, kjer se določene vrste trenutno pojavljajo na manjših območjih, je v teh razmerah malo verjeten. Seveda pa je treba upoštevati, da se lahko stanje glede razširjenosti vrst, tako v Evropi kot drugje, hitro spremeni. Kot najbolj verjeten način vnosa vrst na območje Slovenije je transport blaga v povezavi z vrtnarsko trgovino, torej rastlinski material (lončnice, razne sadike) in sama prst za rastline. Manj verjeten, a tudi mogoč, je transport lesnega, gradbenega in kmetijskega materiala (še posebej neočiščenega, ki vsebuje zemljo), določenih kmetijskih pridelkov, sena.

Prvi ukrep, s katerim bi v trenutnih razmerah zmanjšali možnost naselitve določene izmed ITVM pri nas, je ustrezna kontrola in ukrepanje na prednostnih točkah vnosa, torej v Luki Koper in na Letališču Ljubljana. Ustrezne inšpekcijske službe, ki pregledujejo blago ob prihodu na teh dveh lokacijah, morajo biti pozorne ob uvozu predvsem zgoraj omenjenega blaga, ki najpogosteje predstavlja način prenosa teh vrst in ki prihaja iz zgoraj omenjenih območij. Delujejo naj v skladu z metodologijami, opisanimi v poglavju 5.3.

Blago, ki bi vsebovalo mravljišča, bi lahko od točk vstopa v Sloveniji (Luka Koper, Letališče Ljubljana), lahko pa tudi preko drugih pristanišč ali letališč v Evropi, s cestnim ali železniškim transportom prišlo do uporabnikov (končnih točk) v Sloveniji. Tu je daleč najbolj problematičen že omenjeni transport vrtnarskega blaga do drevesnic (vrtnarij) in botaničnih vrtov, še dodatno zaradi dejstva, ker so v njihovih rastlinjakih zaradi višje temperature in vlažnosti ugodni pogoji za obstanek kolonij ITVM.

Kakšna je možnost, da se z omenjenim transportom zanesene kolonije mravelj naselijo v zunanjem okolju v Sloveniji? Kot že omenjeno, je v trenutnih razmerah potencialno primerno območje za naselitev submediteranski del države, še posebej obalni del. To pomeni, da bi se na dveh glavnih točkah vnosa, Luke Koper in Letališča Ljubljana, mravlje lahko naselile le v okolici Luke Koper zaradi pretovora oziroma skladiščenja blaga, kjer bi se ob vnosu nahajala mravljišča. Iz končnih točk transporta v Sloveniji, kjer kot rečeno največjo verjetnost za prisotnost vrst predstavljajo drevesnice in botanični vrtovi z rastlinjaki, bi se lahko mravlje naselile v okolico takih objektov, ki so v submediteranskem delu države.

Potreben ukrep za zgodnje odkrivanje in zmanjšanje možnosti širjenja ITVM v zunanjem okolju je spremljanje stanja na določenih prednostnih območjih oziroma točkah, kjer je večja verjetnost njihovega pojavljanja in od koder bi se lahko vrste širile in naselile v zunanjem okolju. Za te lokacije (točke) predlagamo neposredno okolico Luke Koper in Vrtnarijo Marjetica Koper, kjer bi se prav tako lahko vrste naselile v zunanjem okolju in potencialno širile naprej.

Na lokaciji Vrtnarije Marjetica Koper naj pregledovanje, ki zajema iskanje značilnih mravljišč ali nabiralskih poti in nastavljanje vab, poteka na območju objekta, vključno z notranjimi površinami (rastlinjaki) in v njeni neposredni bližini. Kot dodaten ukrep naj se opozori zaposlene, da v primeru pojava mravelj z bolečimi piki, to javijo ustreznim institucijam.

Na lokaciji Luke Koper, ki je precej večje območje, se priporoča pregledovanje (vizualna detekcija, nastavljanje vab) v okolici površin, kjer se pogosto nahajajo oziroma prekladajo kontejnerji z rastlinjem in morebitne manj pozidane površine v bližini. Priporočljiv bi bil pregled vzdolž mejnih površin med Luko in Škocjanskim zatokom ter vzdolž iztočnega kanala iz Škocjanskega zatoka.

Monitoring naj se na obeh navedenih točkah izvaja enkrat na dve do tri leta, v poletnem času, ko bi bile mravlje zaradi zanje primernih temperatur bolj aktivne (velja tudi za rastlinjake).

Kot priporočen dodaten ukrep predlagamo, da se v okviru prvega izvajanja monitoringa opravi tudi pregled stanja v tropskem rastlinjaku Botaničnega vrta Univerze v Ljubljani in v tropskem vrtu Ocean Orchids pri Dobrovniku. V teh dveh tropskih rastlinjakih bi bila mogoča prisotnost ITVM, pri čemer pa ne predstavljata resne nevarnosti (v trenutnih razmerah), da bi se vrste naselile v njuni okolici zaradi neustrezne klime. Kljub temu lahko prisotnost ITVM predstavlja tveganje, ker se lahko vrste iz teh dveh objektov prenesejo drugam s transportom rastlinja.

Drug možen dodaten ukrep bi bil kontaktiranje večjih drevesnic/vrtnarij z območja submediteranske Slovenije (Slovenska Istra, Kras, Vipavska dolina), vključno z Botaničnim vrtom Sežana, ali so imeli v

zadnjem obdobju probleme s povečanim številom bolečih pikov mravelj, kar pogosto nakazuje na prisotnost teh vrst.

Omenimo še dva scenarija, ko bi se določena izmed ITVM v bližnji prihodnosti naselila v bližini Slovenije. Največji potencial za to ima Padska nižina. Odvisno od oddaljenosti tega območja naselitve od Slovenije bi se nekoliko povečala verjetnost, da bi se sem vrsta razširila po naravni poti, torej s priletom oplojenih matic. Kljub temu bi bila večja verjetnost prenosa preko transporta. V tem primeru bi se pojavila dodatna možnost vnosa preko oplojenih matic, ki bi izvirale npr. iz Padske nižine in bi bile v transportu (cestnem ali železniškem) kot slepe potnice ter potem zapustile transportno sredstvo (npr. na parkiriščih za tovornjake ali železniških postajah) v bližini meje. Take matice bi bile sposobne v določenih pogojih ustanovitve nove kolonije, ob pogoju, da tak transport ne traja predolgo časa. V tem primeru bi lahko podoben način spremljanja stanja izvedli na določenih parkiriščih (počivališčih) za tovornjake oziroma logističnih centrih, ki so na poteh med Slovenijo in Italijo, npr. na območju tovornega parkirišča ob Mednarodnem mejnem prehodu Vrtojba in v Logističnem centru Sežana.

Druga možnost je, da bi se podobno, kot bi se to lahko zgodilo v Luki Koper, ITVM pojavile v okolici nam bližnjega Pristanišča Trst. Če bi se tam določena od teh vrst namnožila, bi bilo možno, da bi se zaradi bližine od tam razširila do nas tudi s spontanim širjenjem oplojenih matic. V tem primeru bi bilo potrebno spremljanje stanja na obmejnem območju, predvsem v bližini Mejnega prehoda Škofije.

Podajamo še oceno stroškov pregleda stanja na omenjenih točkah, pri čemer stroške podajamo v urah/dnevih. Ugotavljanje stanja v Luki Koper bi zahtevalo vsaj en terenski dan, ki bi ga izvajali dve osebi, za Vrtnarijo Marjetica in tropske rastlinjake pa en terenski dan, ki ga lahko izvede ena oseba. Materialni stroški za vzorčenje bi bili minimalni (etanol, epruvete, vabe).

Stroške, ki bi jih predstavljalo delo imenovanega strokovnjaka (determinacija vzorcev), je težko oceniti, saj so odvisni od števila vzorcev, ki bi jih prejel od izvajalcev, verjetno pa ne bi presegali več kot 8 ur dela na lokaliteto.

7. UKREPI ZA ODSTRANJEVANJE IN PREPREČEVANJE ŠIRJENJA INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST MRAVELJ

Ko se določena ITVM pojavi na nekem območju, je treba preprečiti prenos (širjenje) vrste iz tega območja drugam, poleg tega pa uvesti ukrepe za uničenje njenih kolonij na poseljenem območju.

Ker še posebej na večje razdalje širjenje invazivnih vrst poteka s pomočjo človeka, so ukrepi za preprečitev širjenja usmerjeni predvsem na zmanjšanje možnosti takega načina prenosa. V EU obravnavane ITVM nimajo statusa karantenskih škodljivih organizmov, kar sicer velja za določene druge države. Kljub temu moramo tudi tu ob pojavu določene izmed njih ukrepati tako, da z območja pojavljanja ne prenašamo blaga, ki predstavlja večje tveganje, dokler ni ustrezno pregledano oziroma tretirano. Veliko možnost za širjenje ITVM predstavljajo npr. drevesnice oziroma botanični vrtovi z rastlinjaki. Če pride do pojava mravelj na teh mestih, je treba ustaviti prenašanje rastlin, dokler ne uničimo kolonij. Podobno velja tudi za prst. V ZDA priporočajo, da prst damo v ustrezne vreče in jo tretiramo s povišano temperaturo (pribl. 70 °C) ali damo zamrzniti (pod -20 °C).

Z ukrepi za odstranjevanje kolonij ITVM skušamo na okuženem območju bodisi popolnoma uničiti (izkoreniniti) populacijo vrste, kar je možno predvsem, če okuženo območje ni veliko, bodisi zgolj preprečiti njeno nadaljnje širjenje in omejiti škodo na teh območjih, kar poteka vglavnem v primerih, ko je poseljeno območje obsežno (primer so južni deli ZDA). Če želimo odstraniti neko kolonijo, je cilj uničenje mravljišča, kjer se nahajajo matice, saj brez njih kolonija propade, zato uporaba metod le na samih delavkah (ki npr. zunaj mravljišča nabirajo hrano) ni smiselna. Metode, ki se uporabljajo za uničenje mravljišč, so lahko mehanske, kemične ali z uporabo biološke kontrole. Večina metod, ki se uporablja za uničevanje *S*. *invicta*, je zaradi podobne biologije uporabnih tudi za drugi dve invazivni vrsti ognjenih mravelj, v večji meri pa tudi za *W*. *auropunctata*. Če bi se tudi pri nas pojavile določene izmed ITVM, bi bili ukrepi za uničenje njihovih kolonij in s tem za preprečitev nadaljnjega širjenja odvisni od več dejavnikov, in sicer od številčnosti njihovega pojava, habitatov, kjer bi se pojavile, ali so mesta pojava blizu ljudi ali kmetijskih površin, kako je s prisotnostjo drugih vrst. Posledično bi morali odločitev o načinu kontrole sprejeti ob natančni analizi situacije.

Mehansko kontrolo bi lahko uporabili ob pojavu manjšega števila mravljišč, do katerih lahko dostopamo, še posebej če bi bila ta na mestu, kjer se želimo izogniti uporabi kemičnih sredstev (insekticidov). V teh primerih lahko mravljišče tretiramo z vrelo vodo, sežigom (ali s povišano temperaturo vsaj 70 °C), ali pa izpostavimo nizkim temperaturam (pod -20 °C). Tak način odstranjevanja lahko med drugim uporabimo, če so mravljišča izolirana v cvetličnih lončkih. Če se želimo na tak način znebiti zunanjega mravljišča v tleh, ga moramo pred tretiranjem izkopati, pri čemer se pogosto zgodi, da v tleh ostane del mravljišča z matico. Nekateri ljudje v ZDA na svojih vrtovih na mravljišča ognjenih mravelj vlivajo vrelo vodo, kar predvsem pri večjih mravljiščih, ki so globlje v tleh, ni vedno učinkovito. Ena od metod, ki jo lahko uporabimo na površinah, kjer ne želimo uporabe insekticidov, je tretiranje s tekočim dušikom.

Najbolj učinkovita kontrola je uporaba kemičnih sredstev (pesticidov/insekticidov). Ti imajo lahko tudi neželene učinke na avtohtone organizme, zato je treba biti pri njihovi uporabi pazljiv. Pri uporabi določenih insekticidov, ki so jih v preteklosti uporabljali v ZDA, se je zgodilo, da so bolj škodovali avtohtonim vrstam mravelj. Posledično so se ITVM še bolj razbohotile. Previdni moramo biti med drugim pri uporabi v urbanih okoljih (npr. v parkih) zaradi stika z ljudmi.

Insekticidi se uporabljajo v obliki granul, škropiv, aerosolov, plinov ali vab. Pri slednjih gre za to, da je k atraktantu dodana kemijska substanca (insekticid) z zapoznelim delovanjem. Vabe, ki jih nastavimo blizu mravljišč, delavke odnesejo v mravljišče, kjer pozneje učinkujejo na osebke, vključno z matico, zato kolonija propade. Ena takih vab je Maxforce Quantum Gel, ki se uporablja tudi pri nas, npr. za zatiranje faraonskih mravelj v ogrevanih stavbah. Med pogostimi insekticidi, ki jih najdemo v vabah, sta med drugim piriproksifen in metopren, ki nimata direktnih toksičnih učinkov, ampak sta rastna regulatorja pri žuželkah in vplivata na reprodukcijske sposobnosti matic. Za uničevanje kolonij električnih mravelj na Havajih so uporabili granulirane vabe, kjer sta kot insekticid služila piriproksifen ali hidrametilnon.

Če se na nekem območju pojavijo le posamična mravljišča, npr. ognjenih mravelj v obliki kupov, lahko delujemo na vsakega posebej, in sicer z uporabo kontaktnega insekticida, ki ga zlijemo v kup, ali z njim poškropimo površino kupa, lahko je tudi kot plin (fumigacija). Druga možnost je, da v bližino mravljišča nastavimo insekticid v obliki vabe. Če se ITVM pojavijo v rastlinjakih, v ZDA za tretiranje takih rastlin pogosto uporabljajo insekticida bifentrin ali klorpirifos.

Najbolj problematično je, če so v nekem okolju mravljišča številna. V takih primerih ponavadi začnejo s široko uporabo vab z insekticidi, ki jih raztresejo naokoli, za določene kolonije, ki predstavljajo konkretno nadlogo za ljudi, pa uporabijo kontaktni insekticid, ki ima takojšnji učinek, ali nanjo delujejo

mehansko. Druga možnost je širša uporaba nekega kontaktnega insekticida, s katerim ponavadi škropijo na območju, kar pa ima lahko posledice tudi za veliko drugih organizmov.

Namesto sintetičnih insekticidov se kot alternativa uporabljajo tudi manj nevarne naravne substance (Chen & Oi 2020). Te so lahko del vab, npr. abamektin ali spinosad, ali delujejo kot kontaktni insekticid, npr. piretrin ali razna rastlinska eterična olja.

V ZDA so za ognjene mravlje uporabili biološko kontrolo, tj. s pomočjo naravnih sovražnikov oziroma patogenov teh mravelj. Med temi so dvokrilec iz rodu *Pseudacteon* (Phoridae), ki kot parazitoid leže jajčeca v delavke *S*. *invicta*, bakterija *Wolbachia*, mikrosporidij *Kneallhazia solenopsae* ali gliva *Beauveria bassiana*. Ta kontrola ima ponavadi le delen učinek, zato bi z njo lahko zaenkrat zgolj zmanjšali pogostost uporabe insekticidov. Nekateri menijo, da bi lahko *Pseudaceton* vnesli tudi v Evropo v primeru vdora ognjenih mravelj. V primeru pojava ITVM pri nas zaenkrat tak način kontrole še ne bi bil mogoč.

Ko se na nekem območju izvedejo ustrezni ukrepi za odstranitev kolonij ITVM, kar v primeru obsežnejšega pojava lahko traja tudi več let, sledi monitoring, v okviru katerega se ugotovi, če je bilo izkoreninjenje uspešno. V času monitoringa, ki npr. v Avstraliji traja 5 let, se ponavadi z nastavljanjem vab ali vizualno detekcijo ugotavlja, če je vrsta še prisotna. Če po tem času ni novih najdb ITVM, se lahko razglasi, da je bilo izkoreninjenje vrste na tem območju uspešno.

8. LITERATURA

Adams C.T., Banks W.A. Lofgren C.S. 1988. Red imported fire ant (Hymenoptera: Formicidae): correlation of ant density with damage to two cultivars of potatoes (*Solanum tuberosum* L.). Journal of Economic Entomology 81: 905-909.

Beckmann B., Blight O., Shaw R., Kenis M., Purse B., Chapman D. 2019. Projection of climatic suitability for *Wasmnnia auropunctata* establishment in Europe. Unpublished data.

Bertelsmeier C., Luque G.M., Hoffmann B.D., Courchamp F. 2015. Worldwide ant invasions under climate change. Biodiversity and Conservation 24: 117-128.

Blight O. 2017. Study on Invasive Alien Species – Development of risk assessments to tackle priority species and enhance prevention. Risk assessment for *Solenopsis invicta*.

Blight O. 2018. Study on Invasive Alien Species – Development of risk assessments to tackle priority species and enhance prevention. Risk assessment for *Solenopsis geminata*.

Blight O. 2021a. Study on Invasive Alien Species – Development of risk assessments to tackle priority species and enhance prevention. Risk assessment for *Solenopsis richteri*.

Blight O. 2021b. Study on Invasive Alien Species – Development of risk assessments to tackle priority species and enhance prevention. Risk assessment for *Wasmannia auropunctata*.

Blight O., Rabitsch W. 2024. Seven actions to improve European biosecurity policy on ants. Biological Conservation 299: 110818.

Blight O., Thomas T., Jourdan H., Bichaton J-Y., Colindre L., Galkowski C. 2024. Detection and early impacts of France's first established population of the little fire ant, *Wasmannia auropunctata*. Biological Invasions 26: 627-631.

Calcatera L.A., Livore J.P., Delgado A., Briano J.A. 2008. Ecological dominance of the red imported fire ant, *Solenopsis invicta*, in its native range. Oecologia 156: 411-421.

Chen J., Oi D.H. 2020. Naturally occurring compounds/materials as alternatives to synthetic chemical insecticides for use in fire ant management. Insects 11, 758.

Chen J., Rashid T., Feng G. 2014. A Comparative study between *Solenopsis invicta* and *Solenopsis richteri* on tolerance to heat and desiccation stresses. PLoS One 9(6): e96842.

Collingwood C.A. 1993. A comparative study of the ant fauna of five Greek islands. Biologia Gallo-hellenica 20: 191-197.

Collingwood C.A., Tigar B.J., Agosti D. 1997. Introduced ants in the United Arab Emirates. Journal of Arid Environments 37(3): 505-512.

Coulin C ., Vega G.J., . Chifflet L., Calcaterra L.A., Schilman P.E. 2019. Linking thermo-tolerances of the highly invasive ant, *Wasmannia auropunctata*, to its current and potential distribution. Biological Invasions 21: 3491-3504.

Demetriou J., Georgiadis C., Martinou A.F., Roy H.E., Wetterer J.K., Borowiec L., Economo E.P., Triantis K.A., Salata S. 2023. Running rampant: the alien ants (Hymenoptera, Formicidae) of Cyprus. NeoBiota 88: 17-73.

Espadaler X., Pradera C., Santana J.A. 2018. The first outdoor-nesting population of *Wasmannia auropunctata* in continental Europe (Hymenoptera, Formicidae). Iberomyrmex 10: 1-8.

Espadaler X., Pradera C., Santana J.A., Ríos Reyes A. 2020. Dos nuevas poblaciones europeas de la pequeña hormiga de fuego, *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863) (Hymenoptera: Formicidae) en Andalucía (España). Boletín de la SAE 30: 189-192.

Federman R., Carmel Y., Kent R. 2013. Irrigation as an important factor in species distribution models. Basic and Applied Ecology 14: 651-658.

Global Invasive Species Database. URL: https://www.iucngisd.org/gisd/ (citirano 1. 8. 2024)

Harris R.J., Abbott K., Barton K., Berry J., Don W., Gunawardana D., Lester P., Rees J., Stanley M., Sutherlaland A., Toft R. 2005. Invasive ant pest risk assessment project for Biodiversity New Zealand. Series of unpublished Landcare research contract reports to Biosecurity New Zealand.

Krushelnycky P.D., Loope L.L., Reimer N.J. 2005. The ecology, policy, and management of ants in Hawaii. Proceedings of the Hawaiian Entomological Society 37: 1-25.

Lee C.M., Lee D.-S., Kwon T.-S., Athar M., Park Y.-S. 2021. Predicting the Global Distribution of *Solenopsis geminata* (Hymenoptera: Formicidae) under Climate Change Using the MaxEnt Model. Insects 12, 229.

Menchetti M., Schifani E., Alicata A., Cardador L., Sbrega E., Toro-Delgado E., Vila R. 2023. The invasive ant *Solenopsis invicta* is established in Europe. Current Biology 33: R896-R897.

Menchetti M., Schifani E., Alicata A., Cardador L., Sbrega E., Toro-Delgado E., Vila R. 2024. Response to Genovesi et al.: Ant biosurveillance should come before invasion. Current Biology 34: R51-R52.

Morrison L.W., Porter S. D., Daniels E., Korzukhin M.D. 2004. Potential global range expansion of the invasive fire ant, *Solenopsis invicta*. Biological Invasions 6: 183-191.

Noordijk J. 2010. A risk analysis for the fire ants in the Netherlands. Stichting European Invertebrate Survey, Leiden, the Netherlands.

Pradera C., Espadaler X. 2024. Impacto de la hormiga invasora *Wasmannia auropunctata* (Roger, 1863) en la mirmecofauna local (Hymenoptera, Formicidae), seguimiento del área ocupada y una nueva población en España. Boletín de la Asociación española de Entomología 48(1-2): 1-9.

Rosselli D., Wetterer J.K. 2017. Stings of the ant *Wasmannia auropunctata* (Hymenoptera: Formicidae) as cause of punctate corneal lesions in humans and other animals. Journal of Medical Entomology 54: 1783-1785.

Siddiqui J.A., Bamisile B.S., Khan M.M., Islam W., Hafeez M., Bodlah I., Xu Y. 2021. Impact of invasive ant species on native fauna across similar habitats under global environmental changes. Environmental Science and Pollution Research 28: 54362-54382.

Stringer L.D., Suckling D.M., Baird D., Vander Meer R.K., Christian S.J., Lester P.J. 2011. Sampling efficacy for the red imported fire ant *Solenopsis invicta* (Hymenoptera: Formicidae). Environmental Entomology 40(5): 1276-1284.

Sutherst R.W., Maywald G. 2005. A climate model of the Red Imported Fire Ant, *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae): Implications for invasion of new regions, particularly Oceania. Environmental Entomology 34(2): 317-335.

Taber S.W. 2000. Fire ants. College Station, Texas, Texas A&M University Press.

USDA (United States Department of Agriculture). 2010. Imported fire ant program manual. USDA. Animal and Plant Health Inspection Service. Plant Protection and Quarantine.

USDA (United States Department of Agriculture). 2015. Imported fire ant: Quarantine treatments for nursery stock, grass sod, and related materials. USDA. Animal and Plant Health Inspection Service.

Ujiyama S., Tsuji K. 2018. Controlling invasive ant species: a theoretical strategy for efficient monitoring in the early stage of invasion. Scientific Reports 8, 8033.

Vanderwoude C., Penniman T., Paracuelles K., Starr F., Starr K. 2009. Operational plan for management of *Wasmannia auropunctata* (Little Fire ant) on the Island of Maui, Hawaii.

Vanderwoude C., Montgomery M., Forester H. 2015. The history of Little Fire Ant *Wasmannia auropunctata* Roger in the Hawaiian Islands: Spread, control, and local eradication. Proceedings of the Hawaiian Entomological Society 48: 39-50.

Villacorta-Rath C., Lach L., Andrade-Rodriguez N., Burrows D., Gleeson D., Trujillo-González A. 2023. Invasive terrestrial invertebrate detection in water and soil using a targeted eDNA approach. NeoBiota 89: 71-89.

Vonshak M., Dayan T., Ionescu-Hirsh A., Freidberg A., Hefetz A. 2010. The little fire ant *Wasmannia auropunctata*: A new invasive species in the Middle East and its impact on the local arthropod fauna. Biological Invasions 12(6): 1825-1837.

Wang L., Lu Y., Xu Y., Zeng L. 2013. The current status of research on *Solenopsis invicta* Buren (Hymenoptera: Formicidae) in Mainland China. Asian Myrmecology 5: 125-137.

Wylie R., Yang C.S., Tsuji K. 2019. Invader at the gate: The status of red imported fire ant in Australia and Asia. Ecological Research 35: 6-16.