

Univerzitet u Beogradu

Biološki fakultet

Marina P. Janković

Predeono-ekološka analiza biljnih vašiju i
njihovih prirodnih neprijatelja u
agroekosistemima: diverzitet, biološka kontrola
i taksonomski status parazitoida

Doktorska disertacija

Beograd, 2016

University of Belgrade

Faculty of Biology

Marina P. Janković

Landscape-ecology analysis of aphids and their
natural enemies in agroecosystems: diversity,
biological control and taxonomic status of
parasitoids

Doctoral dissertation

Belgrade, 2016

Mentori:

dr Željko Tomanović, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu,
Biološki fakultet

dr Vesna Gagić, naučni saradnik
CSIRO, Brisbane, Australia

Članovi komisije:

dr Olivera Petrović-Obradović, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu,
Poljoprivredni fakultet

dr Aleksandar Četković, docent
Univerzitet u Beogradu,
Biološki fakultet

Datum odbrane:

Kada mi je 2009. godine ukazana prilika da očima istraživača posmatram predele oko sebe ni sanjala nisam u kakvu avanturu ću se upustiti. Put do konačne verzije ove teze je bio pravi izazov, sačinjen od velikog broj koraka, od kojih mnogi ne bi bili mogući bez stručne i emotivne podrške velikog broja ljudi. Jedan deo ovog višegodišnjeg istraživanja sproveden je u mom rodnom kraju, što mi je davalo ogromnu unutrašnju snagu da istrajem kada je bilo najteže. Početni strah od nepoznatog se tokom vremena pretvorio u veliki istraživački žar da nepoznate predele upoznam, da im se kroz teoriju i rad na terenu približim i da ih koliko god mogu razumem. Pomisao da rezultati ove teze mogu biti inspiracija nekom novom mladom predeonom ekologu davala je smisao svakom danu koji sam uložila u ovaj rad. Duboko sam zahvalna na svim izazovnim i teškim trenucima, jer su upravo oni osnažili istraživača u meni.

Prof. dr Željku Tomanoviću hvala na ukazanom poverenju, razumevanju, velikoj stručnosti i pomoći prilikom izrade doktorske disertacije, i što je svojim izvanrednim primerom podstakao moj profesionalni razvoj.

Dr Vesni Gagić hvala na idejama, koje su unapredile rad, istraživačkom entuzijazmu, i spremnosti da uvek pomogne. Vesnini saveti su mi osvetljavali put i pomagali da sagledam celinu u radu.

Prof. dr Oliveri Petrović-Obradović hvala na uloženom vremenu, veoma konstruktivnim komentarima i determinaciji kompletnog sakupljenog materijala biljnih vašiju.

Prof. dr Aleksandru Četkoviću hvala na uloženom vremenu i velikoj pomoći, naročito u završnoj fazi rada.

Prof. dr Srđanu Stamenkoviću hvala na literaturi i prvim koracima u statistici.

Dejanu Sandiću, sa Geografskog fakulteta u Beogradu, hvala na ogromnoj pomoći u radu sa geografsko-informacionim sistemima.

Dr Ljiljani Protić, entomologu i muzejskom savetniku Prirodnjačkog muzeja u Beogradu, hvala na determinaciji Hemiptera prikupljenih u široj okolini Smedereva.

Dipl. ing. Aleksandru Stojanoviću konzervatoru entomologu iz Prirodnjačkog muzeja u Beogradu i kolegici **dr Mar Ferrer-Suay** sa Univerziteta u Barseloni hvala na determinaciji velikog broja hiperparazitoida prikupljenih tokom višegodišnjeg istraživanja.

Hvala i **dr Oldřich-u Nedvěd-u** sa Institute of Entomology, Ceske Budejovice, Czech Republic, na determinaciji bubamara.

Koleginici **Evi Kabaš** iz Instituta za Botaniku Biološkog fakulteta U Beogradu hvala na velikoj pomoći i determinaciji biljnog materijala.

Hvala **Milanu Plećašu**, koji je sa mnom proveo brojne sate na terenu, što me je naučio da vozim, i što je od kolege koji je uvek spreman da pomogne prerastao u dragog prijatelja.

Katarini Stojanović hvala na prijateljskoj podršci, smehu i toplini, uvek konstruktivnim, stručnim, a ponekad samo opuštajućim razgovorima u našoj maloj laboratoriji.

Hvala kolegama **Andelki Popović** i **Andeljku Petroviću** na prijateljskoj podršci i velikoj pomoći u radu na terenu. Hvala im što su umeli da me uravnoteže kada je prekomerni rad na terenu uzimao maha.

Hvala kolegamicama i prijateljicama **Jelisaveti Čkrkić**, **Jovani Bili-Dubaić**, **Aleksandri Penezić** na divnoj podršci i razumevanju.

Hvala prijateljima **Andrijani Arsenijević**, **Vladimiru Pejčiću**, **Milošu Kurajici**, koji su mi od srca pomagali u terenskom radu.

Hvala zaposlenima iz PKB-a i svim seljanima koji su mi velikodušno izlazili u susret i omogućili da istraživanje sprovedem na odgovarajućim parcelama.

Zahvaljujem se i Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije na finansijskoj podršci, čime je omogućena realizacija ovog rada.

*Hvala mom **Ocu**, koji je uvek bio i jeste moj najveći uzor i inspiracija.*

*Hvala mojoj **Majci** na toplini, ljubavi i majčinskoj podršci kroz čitavo moje školovanje.*

*Hvala i **Baki**, koja mi je od srca pomagala prilikom terenskog rada.*

***Maji** hvala na divnoj, sestrinskoj podršci, sestriću i sestričinama koji su moja najveća radost!*

*Hvala **Marini**, koja me je poput sestre bodrila sve vreme.*

*Hvala **Anči** što me je uvek hrabrila, bila moj najbliži sagovornik i najveća podrška u kriznim trenucima i uvek verovala da ću istrajati do samog kraja.*

*Posebno hvala **Metu**, mojoj ljubavi i nadahnuću.*

*Ovu tezu posvećujem svojim roditeljima,
koji su zaslužni za ono što danas jesam.*

PREDEONO-EKOLOŠKA ANALIZA BILJNIH VAŠIJU I NJIHOVIH PRIRODNIH NEPRIJATELJA U AGROEKOSISTEMIMA: DIVERZITET, BIOLOŠKA KONTROLA I TAKSONOMSKI STATUS PARAZITOIDA

Rezime

Procesi i dobra, koje ekosistemi pružaju čovečanstvu besplatno, a koji su esencijalni za njegov opstanak, nazivaju se ekosistemskim uslugama. Ekosistemske usluge, imaju svoju ekološku, socijalnu i ekonomsku vrednost, i za poljoprivredu imaju veliki značaj, jer utiču na kvalitet zemljišta, kontrolu štetočina, oprašivanje, a samim tim i na prinos useva. Upravljanje poljoprivrednim predelima, sa ciljem očuvanja biodiverziteta i ekosistemskih usluga, nemoguće je bez razumevanja prirode procesa koji na njih utiču. U predelima različite vrste insekata opažaju i koriste svoje okruženje na različit način. Na višim trofičkim nivoima vrste su u većoj meri osetljive na promene sredine, naročito kada imaju specifične zahteve u pogledu resursa ili staništa, a odlikuju se malom veličinom tela i slabim disperzivnim sposobnostima. Parazitoidi, kao značajni prirodni neprijatelji biljnih vašiju, smatraju se bitnim agensima biološke kontrole u mnogim agroekosistemima. Mnoge studije na istom model-sistemu u različitim područjima ili različitim godinama imaju oprečne rezultate u pogledu uticaja predeonih karakteristika na diverzitet, brojnost biljnih vašiju i njihovih parazitoida i biološku kontrolu. Očuvanje biodiverziteta i ekosistemskih servisa u poljoprivrednim predelima zahteva razumevanje ne samo strukture i kompozicije predela, već i funkcionalnog značaja predeonih elemenata za različite organizame i procese od interesa.

Istraživanje, sprovedeno u periodu 2010-2012. godine, obuhvata dve predeono-ekološke studije, koje su realizovane u dva odvojena područja (šira okolina Smedereva i područje Pančevačkog rita), kao i taksonomsko-faunističku analizu prikupljenog materijala. U istraživanju koje je sprovedeno u okolini Smedereva proučavan je interaktivni efekat lokalnih i predeonih faktora na brojnost i bogatstvo vrsta biljnih vašiju i njihovih prirodnih neprijatelja, kao i stope primarnog parazititizma i hiperparazitizma. Utvrđeno je da su ekosistemske kontra-usluge (pritisak biljnih vašiju i hiperparazitizam) jače izražene u poljima pšenice, u kojima su biljne vaši pokazale

najjači odgovor na udeo poluprirodne žbunaste vegetacije u predelu. Brojnost predatora, bogatstvo vrsta predatora i parazitoidea i stope primarnog parazitizma su bile najviše u poljima lucerke, koja karakteriše intermedijerni intenzitet antropogenog remećenja, a ne kao što je očekivano u najmanje antropogeno remećenim utrinama. U poljima lucerke predatori su pokazali najjači negativan odgovor na udeo jednogodišnjih useva u predelu, ali ne i na udeo polu-prirodnih staništa (poluprirodna zeljasta vegetacija, žbunasta vegetacija). Rezultati ovog istraživanja jasno ukazuju na značaj razumevanja funkcionalnog aspekta staništa za organizme u predelu.

U dvogodišnjem istraživanju sprovedenom na području Pančevačkog rita analiziran je direktni i interaktivni uticaj sezone i karakteristika predela na brojnost biljnih vašiju i stope primarnog parazitizma u poljima lucerke. Utvrđeno je da brojnosti biljnih vašiju u odnosu na sezonski aspekt variraju između godina i pojedinačnih vrsta. Stope primarnog parazitizma su bile najviše u ranom letnjem periodu tokom obe godine istraživanja. Na brojnost biljnih vašiju lucerke udeo jednogodišnjih kultura u predelu i Shannon-ov indeks diverziteta predela nisu imali uticaj. Sa druge strane, brojnosti monoecičnih vrsta (*Acyrtosiphon pisum* (Harris, 1776) i *Therioaphis trifolii* Monell, 1882), su pokazale jasnu zavisnost u odnosu na dostupnost staništa u predelu za koje su svojim životnim ciklusom usko vezane (udeo lucerke u predelu). Nijedna ispitivana predeona karakteristika nije imala uticaj na efikasnost primarnih parazitoidea u kontroli brojnosti biljnih vašiju lucerke.

U taksonomsko-faunističkom delu istraživanja urađene su morfološke i molekularne analize radi utvrđivanja taksonomskog statusa uočene specifične žute forme "*Aphidius eadyi*", koja pripada kompleksu primarnih parazitoidea zelene lucerkine vaši, *Acyrtosiphon pisum*. Rezultati ukazuju na to da je moguće da se radi o širenju geografske rasprostranjenosti orijentalne vrste *Aphidius smithi* Sharma & Subba Rao, 1959, koje se dešava neprimetno usled velike morfološke sličnosti ove vrste sa vrstom *Aphidius eadyi* Stary, Gonzalez & Hall, 1980. Takođe, faunistički doprinos istraživanja se ogleda u utvrđenom prisustvu tri nove vrste za Srbiju (*Ammiaphis sii* (Koch, 1855), *Aphis jacobaeae* Schrank, 1801, *Alloxysta kovilovica* Ferrer-Suay & Pujade-Villa, 2013), od kojih je *Alloxysta kovilovica* nova za nauku.

Ključne reči: biljne vaši, prirodni neprijatelji, parazitoidi, hiperparazitoidi, predeona kompleksnost, pšenica, lucerka, utrine, biološka kontrola

Naučna oblast: Ekologija

Uža naučna oblast: Predeona ekologija, Agroekologija, Entomologija

LANDSCAPE-ECOLOGY ANALYSIS OF APHIDS AND THEIR NATURAL ENEMIES IN AGROECOSYSTEMS: DIVERSITY, BIOLOGICAL CONTROL AND TAXONOMIC STATUS OF PARASITOIDS

Summary

Processes and goods provided for free by ecosystems to humans, many of which are essential for our existence, are called ecosystem services. Ecosystem services have ecological, social and economic value, and are of great importance for agriculture because they influence soil quality, pest control, pollination, and consequently affect crop yields. Effective management of agricultural landscapes to protect biodiversity and ecosystem services is not possible without understanding the nature of the processes that affect them. In landscapes, different species of insects perceive and use landscapes in different ways. Species at higher trophic levels are more sensitive to environmental changes, especially if they have specific habitat or food requirements, have small body size, or low dispersal abilities. Parasitoids are important natural enemies of aphids and are highly effective biological control agents in many agroecosystems. Many studies of the effects of landscape properties on diversity, abundance of aphids and their parasitoids, and biological control, conducted in the same model-systems in different regions or different years, have opposing results. Protecting biodiversity and ecosystem services in agricultural landscapes requires understanding not only landscape structure and composition, but also the functional importance of landscape elements for different species and specific processes of interest.

For this thesis, research was conducted from the year 2010 through 2012. This research consists of two landscape ecology studies, which were carried out in two different regions (in the vicinity of Smederevo and Pančevački rit), as well as taxonomic and faunistic analyses of the collected material. In the vicinity of Smederevo, interactive effects of local and landscape factors on the abundance and species richness of aphids and their natural enemies, as well as primary parasitism and hyperparasitism rates, were investigated. The results of this study show that ecosystem disservices (aphid pressure

and hyperparasitism) are promoted in wheat fields, where aphids have the strongest positive response to the percentage of shrublands in the landscape. Contrary to expectations, the abundance of predators, number of predator and parasitoid species, and primary parasitism rates were the highest in alfalfa fields, which had an intermediate level of antropogenic disturbance, and not in antropogenically least distrubed fallows. In alfalfa fields, predators had the strongest negative response to percentage of annual crops per landscape, but showed no response to percentage of semi-natural habitats (grasslands and shrublands). The results of this study clearly demonstrate the importance of understanding the functional roles of different habitats for the organisms in a landscape.

During two years of study in the region of Pančevački rit, direct and interactive effects of season and landscape properties on abundance of aphids and primary parasitism rates in alfalfa fields were examined. The results of this study show that the effect of season on abundance of aphids varies between years and aphid species. Primary parasitism rates were highest in early summer in both years. Neither the percentage of annual crops in a landscape nor Shannon's diversity index of the landscape had any effect on aphid abundance. On the other hand, the abundance of monoecious species (*Acyrtosiphon pisum* (Harris, 1776) and *Therioaphis trifolii* Monell, 1882) depended on the availability of habitat in the landscape for which these species are highly specialized (percentage of alfalfa in the landscape). None of analyzed landscape characteristics affected primary parasitoids and their role in controlling aphid numbers in alfalfa fields.

In the taxonomic and faunistic portion of this research, morphological and molecular analyses were conducted to determine the taxonomic position of a specific yellow form of "*Aphidius eadyi*," which belongs to the suite of primary parasitoids attacking the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*. The results of this work suggest these parasitoids are not *Aphidius eadyi* Stary, Gonzalez & Hall, 1980 but instead the oriental species *Aphidius smithi* Sharma & Subba Rao, 1959, which may have expanded its geographic distribution while remaining unnoticed due to high morphological similarity between the species. Additionally, the faunistic portion of this research includes

findings of three new species for Serbia (*Ammiaphis sii* (Koch, 1855), *Aphis jacobaeae* Schrank, 1801, *Alloxysta kovilovica* Ferrer-Suay & Pujade-Villa, 2013), with *Alloxysta kovilovica* being new for the science.

Key words: aphids, natural enemies, parasitoids, hyperparasitoids, landscape complexity, wheat, alfalfa, fallows, biological control

Scientific field: Ecology

Specific scientific field: Landscape ecology, Agroecology, Entomology

Sadržaj

1. Uvod	1
1.1 Predeona ekologija i pojam predela	2
1.1.1 Značaj skale u predeono-ekološkim istraživanjima	8
1.1.2 Pojam heterogenosti predela	11
1.2 Poljoprivredna intenzifikacija i agrobiodiverzitet	15
1.3 Prirodni neprijatelji biljnih vašiju i biološka kontrola	18
1.3.1 Prirodni neprijatelji biljnih vašiju	18
1.3.2 Biološka kontrola biljnih vašiju	24
1.4 Biologija i ekologija biljnih vašiju agroekosistema pšenice i lucerke i pregled kompleksa njihovih parazitoida u Srbiji	30
1.5 Efekat karakteristika staništa i poljoprivrednih predela na brojnosti populacija, bogatstvo vrsta i ekosistemske usluge u agroekosistemima	37
1.6 Značaj taksonomije u predeono-ekološkim istraživanjima.....	42
2. Ciljevi disertacije.....	44
3. Materijal i metode.....	47
3.1 Predeono-ekološka studija 1: okolina Smedereva	48
3.1.1 Dizajn istraživanja i karakteristike istraživanog područja	48
3.1.2 Metodologija uzorkovanja	54
3.1.3 Statistička obrada	55
3.2 Predeono-ekološka studija 2: područje Pančevačkog rita.....	59
3.2.1 Dizajn istraživanja i karakteristike istraživanog područja	59
3.2.2 Metodologija uzorkovanja	63
3.2.3 Statistička obrada	63
3.3 Taksonomsko-faunistička studija	66
4. Rezultati.....	70
4.1 Predeono-ekološka studija 1: okolina Smedereva	71
4.1.1 Brojnost i bogatstvo vrsta biljnih vašiju.....	71
4.1.2 Stope parazitizma i bogatstvo vrsta parazitoida.....	76
4.1.3 Brojnost i bogatstvo vrsta predatora biljnih vašiju	84
4.2 Predeono-ekološka studija 2: područje Pančevačkog rita.....	91
4.3 Taksonomsko-faunistička studija	105

5. Diskusija	110
5.1 Predeono-ekološka studija 1: okolina Smedereva	111
5.2 Predeono-ekološka studija 2: područje Pančevačkog rita.....	115
5.3 Taksonomsko-faunistička studija	119
6. Zaključci	121
7. Literatura	124

1. Uvod

1.1 Predeona ekologija i pojam predela

Predeona ekologija se bavi proučavanjem strukture, funkcije, dinamike predela, kao i odnosa između prostornih obrazaca i ekoloških procesa na većem broju prostorno-vremenskih skala (Wu 2013). Predeo, kao naučno-geografski pojam, uveo je u literaturu nemački geograf Aleksandar fon Humboldt još početkom XIX veka. Razvoj predeone ekologije vezuje se za period nakon II Svetskog rata, najpre u Evropi, a zatim i Severnoj Americi. Tokom istorije, predeona ekologija se nezavisno razvila tri puta i na tim temeljima se danas zasniva moderna predeona ekologija. Tri osnovna pristupa u razvoju predeone ekologije obuhvataju (Forman 2015):

1. Fizičko geografski pristup Karl Trola u Nemačkoj,
2. Koncept kopnenih mozaika u Holandiji,
3. Koncept kopnenih mozaika u Severnoj Americi.

Temelje predeone ekologije je postavio nemački biogeograf Karl Trol u prvoj polovini 20. veka (Naveh & Lieberman 1990). On je prvi uveo termin „predeona ekologija“ 1938-1939. godine, a sam koncept predeone ekologije je razvijao u periodu od 1950. do 1970. (Forman 2015). Karl Trol je prvi istakao značaj korišćenja aerofotosnimaka u proučavanju geografskih predela (Schreiber 1990). Koncept kopnenih mozaika u Holandiji razvili su Paul Opdam i kolege u ranim 80. godinama XX veka. Njihov rad je bio usmeren na dugoročna istraživanja većih područja u heterogenim poljoprivrednim predelima, koji se karakterišu šumovitim površinama i živicama kao linearnim elementima (Forman 2015). Koncept mozaika na kopnu u Severnoj Americi razvijen je nezavisno od dotadašnjih predeonih istraživanja u Evropi, sa kojima su se američki naučnici upoznali tek 1981. godine na konferenciji održanoj u Veldhovenu, u Holandiji. Prvi severnoamerički organizovani susret iz oblasti predeone ekologije održan je 1983. godine u Alerton parku (Ilionis), gde je osnovna pažnja bila posvećena efektima prostornih obrazaca uključujući pitanje heterogenosti, skala i dinamike predela (Forman 2015).

U Evropi, u periodu 1938-1972, predeona ekologija se razvijala pre svega kao primenjena nauka sa akcentom na prostornom planiranju. U Severnoj Americi, period od 1972. do 1980., označava se često kao period rane predeone ekologije sa istraživanjima zasnovanim na ostrvskoj biogeografiji, očuvanju prirode i razvoju bazičnih koncepata (Forman & Godron 1986, Farina 2009, Forman 2015). Ove dve osnovne komplementarne struje združene su nakon osnivanja Međunarodnog Udruženja za Predeonu Ekologiju (1982) (engl. "International Association of Landscape Ecology", www.landscape-ecology.org), nakon čega su se ubrzo pojavile dve knjige o predeonoj ekologiji koje se danas smatraju klasicima (*Landscape Ecology: Theory and Application* autori Naveh and Lieberman (1984) i *Landscape Ecology* autori Forman i Godron (1986)) (Wu 2015). U tom periodu (tokom 1980-tih godina) sa razvojem novih koncepata, primenom daljinske detekcije i sve naprednijih programa za analizu prostornih podataka nastala je moderna predeona ekologija.

Danas se predeona ekologija sve više posmatra kao interdisciplinarna i transdisciplinarna nauka, jer se zasniva na znanjima i veštinama mnogih prirodnih i društvenih naučnih disciplina: ekologije, zoologije, botanike, geografije, arheologije, geologije, istorije, pejzažne arhitekture, i regionalne ekonomije (Wu 2013). Tri ključna činioca koja su doprinela razvoju predeone ekologije su (Farina 2006):

1. usmeravanje pažnje naučne javnosti na stanje životne sredine i upravljanje zemljištem na većim skalama,
2. uvođenje koncepta skale u ekologiji, i
3. dostupnost prostornih podataka (satelitski snimci) i softverskih paketa za njihovu analizu.

Takođe, moguće je izdvojiti tri osnovne tematske celine u predeonoj ekologiji (Farina 2009). Prva tematska celina predele posmatra kao mozaike sastavljene od parcela pod različitim tipovima vegetacije (šume, livade, pašnjaci, poljoprivredne kulture itd.) i ljudskim naseljima, pri čemu čovek ima glavnu ulogu u modifikaciji predela. Druga tematska celina se odnosi na ekologiju i upravljanje velikim prirodnim područjima (nacionalni parkovi, rezervati prirode) i proučavanje prirodnih procesa

poput erozije i požara koji se manifestuju na većim skalama. Treća tematska celina se odnosi na proučavanje uticaja prostornih obrazaca na ekološke procese npr. proučavanje prostornog rasporeda organizama u zavisnosti od distribucije resursa i prirode intra- i interspecijskih interakcija.

U literaturi se može naći veći broj različitih definicija predeone ekologije (Wu 2013). Neke od definicija su:

- “Predeona ekologija proučava čitavu mrežu kompleksnih uzročno-posledičnih efekata između životnih zajednica (biocenoza) i njihovih sredinskih uslova u određenom delu predela” (Troll 1968).
- “Predeona ekologija je aspekt geografskog učenja koji posmatra predeo kao holistički entitet, sačinjen od različitih elemenata, koji utiču jedni na druge” (Zonneveld 1972).
- “Predeona ekologija se eksplicitno fokusira na prostorne obrasce. Konkretno, predeona ekologija proučava nastanak i dinamiku prostorne heterogenosti, prostorne i vremenske interakcije i razmene u heterogenim predelima, uticaje prostorne heterogenosti na biotičke i abiotičke procese, i upravljanje prostornom heterogenošću. Predeona ekologija nije zasebna disciplina ili grana ekologije, već predstavlja sintetički presek mnogih srodnih disciplina koje se bave prostorno-vremenskim obrascima predela” (Risser et al. 1984)
- “Predeona ekologija se bavi proučavanjem strukture (prostornim odnosima predeonih elemenata i ekoloških objekata, kao što su organizmi, biomasa, mineralni nutrijenti), funkcije (protokom objekata između predeonih elemenata) i promenama predeonih mozaika kroz vreme” (Forman & Godron 1986).
- “Predeona ekologija ističe interakcije između prostornih obrazaca i ekoloških procesa, odnosno, uzroke i posledice prostorne heterogenosti duž različitih skala” (Turner et al. 2001).

- “Predeona ekologija je nauka koja se bavi proučavanjem odnosa između prostornih obrazaca i ekoloških procesa duž hijerarhijskih nivoa biološke organizacije i različitih skala u prostoru i vremenu” (Wu & Hobbs 2007).

Zajednička odlika navedenih definicija predeone ekologije je prepoznavanje uticaja prostorne heterogenosti na ekološke procese (Turner 2005).

U literaturi se, takođe, može naći veći broj definicija predela što ujedno predstavlja izvor znatne konfuzije u naučnoj javnosti (Risser 1987). Neke od postojećih definicija predela u predeonoj ekologiji su:

- “Predeo je ukupni karakter određene oblasti” (Aleksandar fon Humbolt)
- “Predeo je ukupni prostorni entitet ljudskog životnog prostora” (Troll 1968)
- “Predeo je heterogena površina na kopnu sastavljena od grupacije intereagujućih ekosistema sa sličnim obrascom ponavljanja” (Forman & Godron 1986)
- “Predeo je prostorna konfiguracija elemenata onih dimenzija koje su relevantne za proučavani fenomen” (Farina 2000)
- “Predeo je oblast koja je heterogena najmanje u pogledu jednog faktora od interesa” (Turner et al. 2001)
- “Predeo je prostorno heterogena oblast, koju karakteriše mozaik sačinjen od elemenata (staništa), koji se međusobno razlikuju u pogledu veličine, oblika, sadržaja i istorije” (Wu 2013).

Zajedničko za većinu definicija predela je da predeli predstavljaju mozaike, sačinjene od većeg broja prostornih elemenata (staništa, tipova vegetacije, tipova korišćenja zemljišta) od čije raznovrsnosti zavisi heterogenost predela (Wiens 2002).

Forman i Godron (1986) predeo definišu sa antropocentričnog stanovišta, na prostornim skalama od nekoliko km ili većim. Međutim, oni takođe ističu da su osnovni

principi predeone ekologije primenljivi na svim prostornim skalama. Tako se predeo može definisati i na znatno manjim prostornim skalama, ukoliko se pri definisanju predela uzmu u obzir skale na kojima različite vrste opažaju svoje okruženje (McGarigal & Marks 1995). Veličina predela nije “a priori” određena, već je arbitrarna i zavisi od prostorne i vremenske skale na kojoj se fenomen od interesa ispoljava (Wiens 2002).

Karakteristike predela su rezultat zbirnog delovanja većeg broja faktora: varijabilnosti abiotičkih faktora (klima, topografija, zemljište) i biotičkih interakcija, obrazaca ljudskih naselja i korišćenja zemljišta tokom istorije, kao i prirodnih narušavanja i sukcesija (Turner et al. 2001). Pet osnovnih karakteristika, koje su zajedničke za sve predele prema Forman i Godron (1986) su:

- (1) predeli predstavljaju skup ekosistema,
- (2) između skupa ekosistema u predelu ostvaruju se tokovi ili interakcije,
- (3) svaki predeo se odlikuje određenom geomorfologijom i klimom,
- (4) predeli se odlikuju skupom uslova koji dovode do njihovog narušavanja,
- (5) svaki predeo karakteriše određena relativna zastupljenost tipova ekosistema, koji ulaze u njegov sastav.

Osnovni elementi strukture predela su: peč, koridor i matriks (Forman & Godron 1986). *Peč* (engl. *patch*) je „nelinearna površina koja se po svom izgledu razlikuje od okruženja”. Atributi pečeva po kojima se mogu razlikovati obuhvataju veličinu, oblik, tip, heterogenost i karakteristike granica (Forman & Godron 1986). Pečevi mogu međusobno biti izolovani u različitom stepenu i ukoliko je kretanje jedinki između pečeva onemogućeno lokalne populacije postaju funkcionalno izolovane. *Koridori* su “predeoni elementi u vidu uskih traka, koje se razlikuju od matriksa sa obe strane” (Forman & Godron 1986). Oni predstavljaju linearne predeone elemente. Osnovna funkcija koridora je da pospešuju kretanje jedinki u predelu, predstavljaju filtere / barijere za kretanje jedinki ili njihova trajna staništa, a takode mogu biti izvor sredinskih i biotičkih faktora koji utiču na neposredno okruženje (Forman & Godron 1986, Hobbs 1992, Dramstad et al. 1996). Atributi po kojima koridori mogu da se

razlikuju uključuju: poreklo, širinu, stepen konektivnosti (povezanosti), stepen kurvilinearosti (zakrivljenosti), prisustvo vodenih koridora kao i stepen međusobne povezanosti i uspostavljanje mreže koridora (Forman & Godron 1986, Forman 1995). Linijski koridori su naročito karakteristični za antropogeno izmenjene predele (Forman & Godron 1981). Stepenn prostorne povezanosti koridora (konektivnost) se može kvantifikovati kao broj prekida po jedinici dužine koridora. *Matriks* je “najzastupljeniji i u najvećoj meri povezan tip elementa u predelu i ima dominantnu ulogu u funkcionisanju predela” (Forman & Godron 1986). Matriks obuhvata sve one tipove staništa u predelu u kojima vrste karakteristične za određeni peč ne mogu da opstanu (Driscoll et al. 2013). Matriks nije homogen i statičan, već svojom dinamikom i kvalitetom utiče na distribuciju i disperziju jedinki u predelu (Driscoll et al. 2013). U tom smislu od karakteristika matriksa zavisi “efektivna izolacija” pečeva staništa, koja može biti veća ili manja u poređenju sa njihovom prostornom izolacijom (Ricketts 2001). Driscoll et al. (2013) smatraju da matriks utiče na prostornu dinamiku populacija na tri načina utičući na: 1) kretanje i disperziju jedinki, 2) dostupnost resursa i 3) abiotičko okruženje (mikroklimatski uslovi i režimi remećenja peča).

Od teorija i modela koji su doprineli razvoju predeone ekologije po značaju se svakako izdvajaju: teorija hijerarhije, “source-sink” modeli, metapopulaciona teorija, ekotoni, teorija grafova, model heterogenosti, teorija ostrvske biogeografije, analiza gradijenata, sukcesije, narušavanja, dinamika pečeva, fizička geografija, fitogeografija, zoogeografija, koncept ekosistema, prostorni aspekt metodologije proučavanja vegetacije, studije poljoprivrednih živica, kvantitativna geografija itd. (Farina 2009, Forman 2015).

Od začetka predeone ekologije pa do danas ostvareni su veliki pomaci u oblasti teorije, razvoja metodologije i primene znanja. Predeona ekologija se bavi razumevanjem skala na kojim ekološki, socijalni i ekonomski faktori međusobno intereaguju i integrativno deluju na ekološke procese. Osnovna pitanja tiču se pre svega razumevanja načina na koji prostorna heterogenost utiče na stanje biodiverziteta, ekosistemske servise, ekološke procese unutar i između populacija, zajednica i ekosistema u predelima, i održivost predela (Wu 2015). Predeona ekologija u sebi objedinjuje ekološko teorijsko znanje sa praktičnom primenom, vođena ciljem da se

osnovni principi predeone ekologije primene u praksi u programima očuvanja biodiverziteta, prostornog planiranja i održivog razvoja (Wu 2015).

Od pomenutih definicija predela u radu je korišćena ona, prema kojoj predeo predstavlja “prostorno heterogenu oblast, koju karakteriše mozaik sačinjen od elemenata (staništa), koji se međusobno razlikuju u pogledu veličine, oblika, sadržaja i istorije” (Wu 2013).

1.1.1 Značaj skale u predeono-ekološkim istraživanjima

“Pojam skale se odnosi na prostornu ili vremensku dimenziju objekta ili procesa” (Turner et al. 2001). Pojam prostorne i vremenske skale je ključan za proučavanje obrazaca i procesa u predeonoj ekologiji. Koncept skale u ekologiji se pojavio 80-tih godina XX veka (Allen & Starr 1982, O'Neill et al. 1986), što se ujedno poklapa sa periodom intenzivnog razvoja predeone ekologije. Ovaj koncept doveo je do prepoznavanja značaja utvrđivanja skale na kojoj se fenomen od interesa manifestuje i na kojoj bi trebalo da se izučava (Allen & Starr 1982). Pojam skale sam po sebi ne bi imao smisla ukoliko entiteti, odnosi ili predeli ne bi ispoljavali varijabilnost u prostoru i vremenu, odnosno ukoliko bi bili uniformni ili slučajni (Wu 2007).

Wu (2007) izdvaja tri osnovne klase definicija skale prema dimenzijama, tipovima i komponentama skale (Tabela 1). Prema njemu tri osnovne dimenzije skale su prostor, vreme i hijerarhijska organizacija. Nivoi u hijerarhijskoj organizaciji sistema, kada su “ugnežđeni”, prate pravilo da viši nivoi odgovaraju većim prostornim i dužim vremenskim skalama i obrnuto (Wu & Li 2006, Wu 2007). Međutim, svaka prostorna ili vremenska skala ne odgovara određenom hijerarhijskom nivou. U okviru svake dimenzije mogu se izdvojiti različiti tipovi skale: unutrašnja (intrinzična), posmatračka, eksperimentalna skala, skala analiza/modelovanja, i skala na kojoj se sprovode političke odluke (Tabela 1). Osnovne komponente skale su kartografska skala, zrno, opseg, pokrivenost (gustina i intenzitet uzorkovanja) i razmak (interval uzorkovanja).

Sa druge strane, O'Neill i King (1998) ističu neophodnost jasnog razdvajanja pojmova skale i nivoa hijerarhijske organizacije. Prema njima skala se odnosi isključivo na fizičke dimenzije posmatranih entiteta i fenomena, koje mogu biti kvantifikovane, dok se nivoi u hijerarhijskoj organizaciji sistema razlikuju u pogledu stope i frekvence procesa koji ih karakterišu. O'Neill i King (1998) naglašavaju da nivo organizacije nije skala, ali da može biti okarakterisan skalom.

Tabela 1. Definicije skale - dimenzije, tipovi i komponente (prema Wu 2007).

DIMENZIJE SKALE	
VREME	Fundamentalna dimenzija koja omogućuje razlikovanje brzih i čestih događaja od onih koji su spori i retki.
PROSTOR	Fundamentalna dimenzija koja omogućuje razlikovanje velikih i malih entiteta i njihove konfiguracije.
HIJERARHIJA ORGANIZACIJE	Usmereno uređivanje entiteta koji su u interakciji i koji se odlikuju karakterističnim stopama procesa, pri čemu formiraju različite nivoe. Ekološka organizacija postoji u prostoru i vremenu i svaki nivo se odlikuje određenom prostornom i vremenskom skalom.
TIPOVI SKALE	
UNUTRAŠNJA (INTRINZIČNA) SKALA	Skala na kojoj se obrasci i procesi manifestuju.
POSMATRAČKA SKALA	Skala na kojoj se vrši premeravanje ili uzorkovanje.
EKSPERIMENTALNA SKALA	Skala na kojoj se sprovodi eksperiment.
SKALA ANALIZA/MODELOVANJA	Skala na kojoj se vrši analiza ili za koju se konstruiše model.
POLITIČKA SKALA	Skala na kojoj se vrši implementacija političkih odluka.

Tabela 1. Nastavak sa prethodne strane.

KOMPONENTE SKALE	
ZRNO	Najfiniji nivo prostorne ili vremenske rezolucije obrasca ili seta podataka; najmanja jedinica mapiranja.
OPSEG	Prostorni ili vremenski opseg fenomena ili studije; ekvivalentan oblasti istraživanja ili trajanju istraživanja.
POKRIVENOST	Deo proučavanog područja u kojem je zaista vršeno uzorkovanje ili vremenski period uzorkovanja; gustina uzorkovanja ili intenzitet uzorkovanja.
RAZMAK	Rastojanje između dve susedne jedinice uzorkovanja; interval uzorkovanja.
KARTOGRAFSKA SKALA	Odnos rastojanja na karti prema rastojanju na površini Zemlje; razmer karte.

Dve osnovne komponente skale su zrno (engl. *grain*) i opseg (engl. *extent*). Termin zrno odnosi se na najnižu rezoluciju posmatranja određenog fenomena (veličina prostorne i vremenske jedinice uzorkovanja), dok se opseg posmatranja ekološkog fenomena odnosi na ukupnu veličinu istraživanog područja i trajanje istraživanja (Allen et al. 1984, Turner et al. 1989, Wiens 1989, Wu 2013). Promena zrna ili opsega dovodi do promene skale posmatranja, a time i ekoloških obrazaca, procesa i veza koje se uočavaju (Wiens 1989). U tom smislu veoma je važno da se odabere adekvatna skala posmatranja sa aspekta fenomena koji se proučava, jer u suprotnom postoji opasnost od donošenja pogrešnih zaključaka. Donošenje adekvatnih odluka, sa ciljem očuvanja biodiverziteta i ekosistemskih servisa, je jedino moguće ukoliko razumemo na koji način, faktori koji utiču na stanje biodiverziteta, ispoljavaju svoj direktan i interaktivan efekat na različitim prostornim i vremenskim skalama.

Predele je neophodno posmatrati na skalama koje su funkcionalno značajne za organizme koje pratimo. Izbor skale u predeonim istraživanjima treba da bude zasnovan

na poznavanju bioloških odlika vrsta, njihovom arealu aktivnosti, disperzivnim sposobnostima (Morris 1987), od kojih zavisi način na koji vrste opažaju predeo kao i mogućnost njihovog opstanka u modifikovanom predelu (Bennett & Saunders 2010). U tom smislu, isti predeo će za različite vrste biti u različitom stepenu povoljan. Takođe, sa promenom skale menja se značaj faktora koji regulišu obrasce i procese. Tako, veza između klime i vegetacije, koja je očigledna na većim prostornim skalama, iščezava na finijim skalama, usled preovlađujućeg lokalnog efekta biotičkih interakcija nad fizičkim procesima (McGarigal 2001). Organizmi mogu da promene način na koji opažaju okruženje u zavisnosti od njihovih sezonskih zahteva. Primera radi, evropski crvendać, *Erithacus rubecula*, drugačije opaža okruženje u toku perioda parenja, kada bira isključivo šumovita staništa, i van tog perioda, kada se može naći u različitim tipovima staništima (šumovitim, otvorenim, žbunastim) (Farina 2000). Jedan od osnovnih izvora greške u predeonim istraživanjima proističe iz neadekvatnog odabira skala koje su često prilagođene potrebama istraživača, a ne odražavaju inherentna svojstva samih vrsta ili procesa (Wiens & Milne 1989).

1.1.2 Pojam heterogenosti predela

Heterogenost predstavlja zajedničko svojstvo svih predela (Risser 1987). Predeli su izgrađeni od elemenata koji pokazuju vremensku i prostornu varijabilnost. Tako, u sastav poljoprivrednih predela ulaze različiti tipovi obradivih površina, pašnjaci, šume, vodene površine, putevi i naselja, čiji udeo i prostorni odnos može znatno da se menja tokom vremena. Prema opštoj definiciji, heterogenost se odnosi na kompleksnost i/ili varijabilnost određenog svojstva sistema u prostoru i/ili vremenu (Li & Reynolds 1995). Heterogenost predela se u tom smislu odnosi na kompleksnost i varijabilnost predeonih elemenata i njihov jedinstveni uzajamni prostorni raspored i zavisi od rezolucije na kojoj se predeo posmatra (Wu 2004, Farina 2006). Razumevanje heterogenosti predela, njenih uzroka i posledica, je važno radi boljeg razumevanja fundamentalnih ekoloških procesa (Risser 1987).

Heterogenost predela je rezultat združenog delovanja prirodnih i antropogenih faktora. Prirodna heterogenost predela proističe iz prostornog i vremenskog variranja u distribuciji i zastupljenosti resursa, geoloških i ekoloških procesa, koji utiču na distribuciju biljnih, vrsta koje barem delimično utiču na distribuciju životinjskih vrsta (Collinge 2009). Kao osnovne mehanizme nastanka heterogenosti predela Forman i Godron (1986) izdvajaju: a) *geomorfološke procese*, koji se manifestuju tokom dugih vremenskih perioda i koji određuju edafske uslove, a time i biljni i životinjski svet određene oblasti; b) *obrasce kolonizacije organizama*, koji se ispoljavaju na kraćim i dužim vremenskim skalama i koji utiču na biotičku komponentu predela. Živi svet može da poveća (npr. kretanje krda bizona u potrazi za boljom ispašom) ili smanji heterogenost predela (npr. kompetitivna dominacija introdukovanih organizama i potiskivanje autohtonih vrsta) (Reisser 1987); c) *lokalna remećenja ekosistema*, koja se dešavaju tokom kraćih vremenskih perioda i čiji uzrok mogu biti prirodni (požari, jaki vetrovi, vodene bujice, dejstvo talasa, vulkanska aktivnost, zemljotresi itd.) ili antropogeni faktori (npr. urbanizacija, poljoprivredna intenzifikacija, eksploatacija prirodnih resursa radi industrijskog razvoja). Takođe, heterogenost predela je rezultat procesa, koji se dešavaju na različitim nivoima ekološke organizacije: na nivou jedinki (disperzije jedinki, odabir staništa), populacija (imigracije/emigracije, demografska dinamika), zajednica (sukcesije, stope obrta vrsta), kao i predela / ekosistema (narušavanje-fragmentacija i gubitak staništa, klimatske promene, migracije) (James & Fortin 2013).

Dve osnovne komponente heterogenosti predela su *kompozicija* i *konfiguracija predela* (Fahrig & Nettle 2005). Kompozicija predela odnosi se na broj različitih tipova površina (engl. *cover types*) u predelu i njihov udeo. Heterogenost predela povećava se sa povećanjem broja različitih kategorija predeonih elemenata i udela svake od tih kategorija u predelu. Kompozicija predela može se kvantifikovati utvrđivanjem zastupljenosti tipova pokrivača u predelu, bogatstva tj. broja različitih površina u predelu, njihove relativne međusobne zastupljenosti, ujednačenosti (engl. *evenness*) i njihovog diverziteta (McGarigal & Marks 1995). U predeono-ekološkim studijama, kao mera kompleksnosti predela obično se koristi procenat poljoprivrednih (Caballero-López et al. 2012, Gagić et al. 2011, Jonsson et al. 2015, Marino & Landis 1996,

Roschewitz et al. 2005, Thies et al. 2005, Vollhardt et al. 2008) ili poluprirodnih površina u predelu (Batáry et al. 2011, Gonthier et al. 2014, Kruess 2003, Menalled et al. 1999, Menalled et al. 2003, Chaplin-Kramer et al. 2011, Steffan-Dewenter 2003, Thies & Tscharntke 1999, Thies et al. 2003, Martin et al. 2013). Procenat poluprirodnih površina u predelu je često visoko korelisan sa diverzitetom staništa u predelu i pokazao se kao jednostavna i pogodna mera kompleksnosti predela (Thies & Tscharntke 1999). Suprotno, intenzitet poljoprivrede u predelu i kompleksnost predela u velikoj meri mogu biti nezavisni faktori (Fahrig et al. 2015).

Heterogenost predela u pogledu konfiguracije odnosi se na prostorni raspored predeonih elemenata bez obzira na kategoriju kojoj pripadaju (Fahrig et al. 2015) i povećava se sa povećanjem gustine ivičnih zona u predelu i nasumičnim rasporedom različitih predeonih elemenata. Konfiguracija predela meri se korišćenjem različitih indeksa (npr. gustina ivica, kompleksnost oblika, ivični kontrast) (McGarigal et al. 2002). Konfiguracija predela može se promeniti bez promene kompozicije predela i obrnuto.

Fahrig et al. (2011) jasno razlikuju “*strukturnu heterogenost predela*” od “*funkcionalne heterogenost predela*”. U slučaju strukturne heterogenosti predela kategorije tipova staništa izdvajaju se isključivo na osnovu njihovih fizičkih karakteristika. Sa druge strane, pri razmatranju funkcionalne heterogenosti predela kategorije tipova staništa se izdvajaju na osnovu razlika u pogledu značaja koji imaju za neku vrstu ili skup vrsta. Efekat koji jedan tip staništa može da ima za neku vrstu ili skup vrsta može biti neutralan, negativan ili pozitivan. Sva staništa koja imaju isti ili sličan značaj za datu vrstu pripadaju istom funkcionalnom tipu. U ekološkim istraživanjima heterogenost predela je najispravnije posmatrati sa funkcionalnog aspekta, odnosno uzimajući u obzir značaj koji komponente predela imaju za vrste ili skup vrsta od interesa (Fahrig et al. 2011).

Četiri ključna procesa koja utiču na opstanak i dinamiku populacija u heterogenim predelima su (Dunning et al. 1992):

1. *Predeona komplementarnost*. Javlja se kada organizmi u toku svog životnog ciklusa koriste resurse iz najmanje dva različita tipa staništa, pri čemu ti resursi ne mogu da se nađu u drugim tipovima staništa. Step en prostorne izolovanosti između komplementarnih staništa utiče na veličinu populacije u datom predelu (tj. dostupnost resursa, rizik od predatorstva pri traganju za resursima).
2. *Predeona suplementacija*. Javlja se kada se populacija nalazi u staništu, koje je okruženo drugim tipovima staništa u kojima se nalaze dodatni resursi koje organizmi mogu da koriste. Na taj način populacija može da opstane u staništu koje je suviše malo da svojim resursima obezbedi njen opstanak.
3. *“Izvor / ponor” (engl. source / sink) veze*. Javlja se u slučaju kada visoko produktivni peč predstavlja izvor jedinki, koje emigriraju u druge manje produktivne pečeve staništa u kojima populacije ne mogu da opstanu bez stalnog priliva novih jedinki.
4. *Efekat susedstva*, Javlja se u slučaju kada populacija u posmatranom peč u većoj meri zavisi od svojstava susednih pečeva nego od onih koji su prostorno udaljeniji.

Schellhorn et al. (2015a) ističu da u slučaju izrazito dinamičnih poljoprivrednih predela funkcionalna kategorizacija predela treba da obuhvati prostornu i vremensku heterogenost predela uključujući i režime remećenja, koji mogu da se razlikuju po tipu (mehanička, hemijska), jačini i učestalosti. U poljoprivrednim predelima u kojima dominiraju efemerni agroekosistemi populacije korisnih artropoda tokom vremena mogu da budu izložene naglom prekidu dostupnosti vitalnih resursa (Schellhorn et al. 2015b). Uspešan opstanak populacija korisnih artropoda u poljoprivrednim predelima zavisi od kontinuirane dostupnosti resursa tokom čitave godine kao i od sposobnosti organizama da prežive nepovoljne uslove (Schellhorn et al. 2015b). U predeono-ekološkim istraživanjima važno je razumeti ne samo prostornu već i vremensku dinamiku dostupnosti resursa za vrste od interesa.

1.2 Poljoprivredna intenzifikacija i agrobiodiverzitet

Savremeno čovečanstvo svojim aktivnostima i načinom života korenito menja prirodu Zemljine površine dovodeći do gubitaka i narušavanja prirodnih predela. Gubitak prirodnih staništa, iščezavanje autohtonih i invazija egzotičnih vrsta, pojačana erozija zemljišta, smanjenje kvaliteta vode i vazduha samo su neke od negativnih posledica ljudskih aktivnosti. Pod poljoprivredom se danas nalazi 38.5% ukupne površine kopna na Zemlji (FAO 2015). U funkciji poljoprivrede nalazi se 70% livada, 50% savana, 45% listopadnih šuma umerene zone, i 27% područja u tropskim kišnim šumama (Martin & Sauerborn 2013). Imajući u vidu ovaj podatak veoma je jasno da se znatan deo svetskog biodiverziteta nalazi u okviru poljoprivrednih predela. Poljoprivredna intenzifikacija i preobražaj prirodnih staništa u poljoprivredne parcele imaju dalekosežne negativne posledice na stanje biodiverziteta, ekosistemske usluge i funkcije, karakteristike i kvalitet zemljišta, a time i na njihov potencijal za dalje korišćenje (Millennium Ecosystem Assessment 2005). Gubitak biodiverziteta može imati nesagledive posledice za opstanak čovečanstva sa obzirom na to da čovečanstvo u potpunosti zavisi od dobara i usluga koje biodiverzitet pruža.

Prema predviđanjima Ujedinjenih Nacija, umerenom stopom rasta do 2050. godine na planeti Zemlji će živeti oko 9.6 milijardi ljudi (UN 2013), dok će zahtevi za hranom na globalnom nivou porasti čak od 70 do 100 % (FAO 2009, Godfray et al. 2010). Rastući zahtevi čovečanstva za hranom mogu se zadovoljiti u osnovi na dva načina: povećanjem površina za proizvodnju i povećanjem prinosa po jedinici površine (Martin & Sauerborn 2013, Ray et al. 2013). Do sredine 20. veka sve veći zahtevi čovečanstva za hranom su podmirivani neprekidnim povećanjem poljoprivrednih površina. Sa druge strane, od 1960-tih godina (period *Zelene revolucije*) visoki prinosi ostvaruju se primenom intenzivnih agrotehničkih mera (navodnjavanje, đubrenje, primena pesticida, teška mehanizacija) i uzgajanjem pažljivo selektovanih varijeteta, čime je smanjena potreba za daljom ekspanzijom poljoprivrednih područja (FAO 2003). Međutim, nizak specijski diverzitet, i smanjena genetička raznovrsnost korišćenih varijeteta, konvencionalne agroekosisteme čini veoma osetljivim na prisustvo štetočina i bolesti (Andow 1991, Wilby & Thomas 2005).

Rešavanje pitanja bezbednosti ishrane ne leži u poljoprivrednoj intenzifikaciji, koja se zasniva na primeni pesticida, već u agroekološkoj intenzifikaciji, koja se zasniva na povećanju prinosa po jedinici površine sa minimalnim negativnim posledicama po životnu sredinu (Altieri & Rosset 1996, Tscharntke et al. 2012, Bommarco et al. 2013). Cilj agroekološkog pristupa je stvaranje agroekosistema, koji po svojoj strukturi i funkciji treba da nalikuju prirodnim ekosistemima, da se odlikuju visokim specijskim diverzitetom, a time i većom biološkom efikasnošću, produktivnošću i samo-regulatornim kapacitetom (Altieri & Rosset 1996).

Poljoprivredni biodiverzitet ili agrobiodiverzitet odnosi se na diverzitet gajenih biljaka i životinja kao i svih drugih organizama koji sa njima stoje u interakciji (štetočine, patogeni, kompetitori, oprašivači, predatori, simbionti, dekompozitori), a koji mogu biti korisni ili štetni za poljoprivredu (Wood & Lenne 1999). Agrobiodiverzitet pruža ekosistemske usluge (oprašivanje, biološka kontrola, kruženje nutrijenata), koji imaju veliki značaj za poljoprivrednu proizvodnju (Altieri 1999, Wilby & Thomas 2005, Power 2010). Osnovni faktori koji utiču na stanje biodiverziteta u agroekosistemima (Southwood & Way 1970, Altieri 1999) su:

1. Diverzitet vegetacije unutar i oko agroekosistema,
2. Prisutnost različitih useva u okviru agroekosistema,
3. Intenzitet poljoprivredne prakse,
4. Stepen izolovanosti agroekosistema od prirodne vegetacije.

U agroekosistemima se mogu izdvojiti dve osnovne komponente biodiverziteta, koje imaju važnu ulogu u njihovom funkcionisanju i održivosti (Vandermeer & Perfecto 1995, Swift et al. 1996):

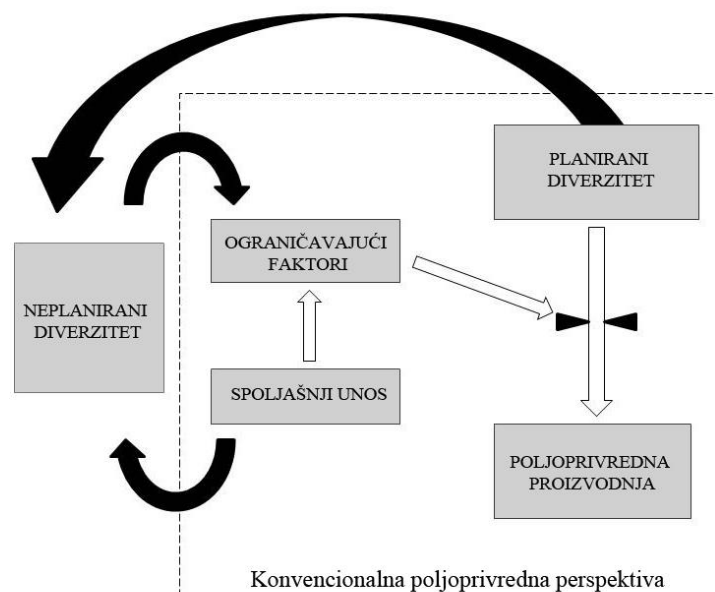
- 1) *Planirani biodiverzitet*, koji obuhvata one elemente biodiverziteta kojima upravlja čovek (biodiverzitet useva i domaćih životinja) i koji imaju direktan uticaj na funkciju agroekosistema.

- 2) *Neplanirani biodiverzitet*, koji obuhvata one elemente prirodnog biodiverziteta kojima ne upravlja čovek, koji postoje u agroekosistemu ili ga iz okruženja kolonizuju i opstaju u njemu u zavisnosti od njegove strukture i agrotehničkih mera (zemljišni mikroorganizmi, oprašivači, insekti herbivori, biljni patogeni, prirodni neprijatelji).

Sa funkcionalnog aspekta agrobiodiverzitet se može podeliti na (Swift & Anderson 1994):

1. *Produktivnu komponentu* (usevi, drveće i životinje koji određuju diverzitet i kompleksnost agroekosistema, a koje bira čovek),
2. *Resursnu komponentu* (organizmi koji doprinose primarnoj produkciji obavljajući funkcije oprašivanja, biološke kontrole, dekompozicije itd.)
3. *Destruktivnu komponentu* (korovi, insekti štetočine i patogeni, koje čovek teži da eliminiše iz agroekosistema).

Poljoprivredna proizvodnja je osnovna funkcija agroekosistema i zasniva na gajenju vrsta koje odabira čovek. Ograničavajući faktori poljoprivredne proizvodnje (štetočine, patogeni, dostupnost resursa) se u konvencionalnoj poljoprivredi prevazilaze spoljnim unosom (đubriva, pesticidi, navodnjavanje) i manipulacijom karakteristika planiranog diverziteta. Planirani diverzitet i agrotehničke mere utiču na neplanirani diverzitet u agroekosistemu, koji sa druge strane može da modifikuje ograničavajuće faktore poljoprivredne proizvodnje (Slika 1). Upotreba pesticida u kontroli štetočina ima neželjene efekte na prirodne neprijatelje (neplanirani diverzitet) što indirektno oslobađa populaciju štetočina od pritiska prirodnih neprijatelja (Wilby & Thomas 2005).



Slika 1. Šematski prikaz interakcija između planiranog i neplaniranog diverziteta i njihov efekat na funkcionisanje agroekosistema. Preuzeto i modifikovano prema Wilby i Thomas (2005).

1.3 Prirodni neprijatelji biljnih vašiju i biološka kontrola

1.3.1 Prirodni neprijatelji biljnih vašiju

Organizmi koji se hrane drugim organizmima smatraju se njihovim prirodnim neprijateljima (DeBach & Rosen 1991). U prirodne neprijatelje biljnih vašiju ubrajamo predatore, parazitoide i patogene, koji se skupa označavaju kao Aphidophaga (Völkl et al. 2007).

1.3.1.1 Predatori biljnih vašiju

U predatore biljnih vašiju u najširem smislu ubrajaju se pauzi (Araneae), uholaže (Dermaptera: Forficulidae), mravi (Hymenoptera: Formicidae), tvrdokrilci

(Coleoptera: Carabidae, Coccinellidae, Staphylinidae), mrežokrilci (Neuroptera: Chrysopidae, Hemerobiidae), predatorske mušice (Diptera: Cecidomyiidae, Chamaemyiidae, Syrphidae) i predatorske stenice (Hemiptera: Anthocoridae, Geocoridae, Nabidae, Miridae) (Boivin et al. 2012, De Clercq et al. 2013, Hofsvang 1990, Van Driesche et al. 2008, van Emden & Harrington 2007, Schmidt et al. 2003, Senior & McEwen 2001, Snyder & Ives 2003). Predatori biljnih vašiju se u odnosu na način ishrane mogu podeliti na specijaliste i generaliste. U specijaliste pre svega se ubrajaju bubamare, cecidomide (na pr. *Aphidoletes aphidimyza*), i afidofagne sirfide (Schmidt et al. 2003).

Osnovna odlika predatorskih vrsta je da su slobodnoživeći organizmi, koji se hrane svim razvojnim stadijumima plena i da je krajnji rezultat ishrane uginuće plena (Koul & Dhaliwal 2003). Takođe, za kompletiranje životnog ciklusa predatori zahtevaju veći broj jedinki plena. Primera radi, bubamare moraju da konzumiraju određeni minimalni broj biljnih vašiju tokom larvalnog razvika da bi se kasnije kao adulti uspešno reprodukovale (Hofsvang 1990). Mnoge vrste predatorskih insekata hrane se biljnim vašima i u larvalnom i adultnom stadijumu (Coccinellidae), dok su neke predatori samo u larvalnom stadijumu (Syrphidae, Chrysopidae, Cecidomyiidae) (Völkl et al. 2007).

Insekatski predatori su uključeni u kompleksne trofičke odnose sa herbivornim plenom, ali i drugim prirodnim neprijateljima (Rosenheim et al. 1995, 1998; Van Veen et al. 2008; Snyder & Ives 2001, 2003; Weber & Lundgren 2009). Domaćini primarnih parazitoida često su hrana i za predatore (van Veen et al. 2008, Boivin et al. 2012). Takođe, predatorske vrste mogu da predstavljaju domaćine za parazitoide (Weems 1954, Tomanović et al. 2008). Da bi se sagledao potencijal prirodnih neprijatelja u biološkoj kontroli neophodno je uzeti u obzir efekte intra- i interspecijskog predatorstva (Hindayana et al. 2001, Chacón et al. 2008, Weber & Lundgren 2009).

Coccinellidae. Bubamare su najefektniji i najbolje proučeni predatori biljnih vašiju. Najveći broj afidofagnih bubamara se može naći u okviru potfamilija Coccinellinae i Scymninae (van Emden & Harrington 2007). Larve i adulti se javljaju u istom staništu i hrane se istim plenom. Predatorske bubamare se odlikuju širokim spektrom hrane koju mogu da koriste (Roy & Migeon 2010). U nedostatku adekvatne

hrane adultne bubamare mogu da gladuju duži period ili da se hrane alternativnim izvorima manje pogodne hrane biljnog (polen, nektar, medna rosa) ili životinjskog porekla (Honěk & Hodek 1996, Martin & Sauerborn 2013). Predatorske bubamare se hrane pre svega vrstama podreda Homoptera i fitofagnim grinjama, ali mogu da se hrane i mlađim razvojnim stadijumima Lepidoptera, Coleoptera i Hymenoptera, sitnim vrstama Diptera (Nematocera) i Thysanoptera (Honěk & Hodek 1996). U Evropi, od 110 zabeleženih vrsta bubamara, 65% čine afidofagne vrste (tribus: Coccinellini, Hippodamini; *Scymnus* spp., *Pullus* spp.) (Iperti 1999). U umerenoj zoni afidofagne bubamare prezimljuju uglavnom kao adulti u prirodnim / poluprirodnim staništima (Hodek 1996), i njihovo prisustvo u agroekosistemima zavisi od dostupnosti tih staništa u predelu. Uglavnom imaju jednu generaciju godišnje, ali postoje vrste koje su potencijalno polivoltine čak i u hladnijim umerenim područjima (Nedvěd & Honěk 2012). Uočeno je da većina afidofagnih vrsta bubamara ispoljava snažnu preferenciju u odnosu na tip staništa (Honěk & Hodek 1996, Landis & Gage 2015). Prisustvo bubamara i njihova efikasnost u kontroli biljnih vašiju u usevima zavisi od predeonog konteksta, zbog čega su pogodni organizmi u predeono-ekološkim israživanjima (Gardiner et al. 2009, Grez et al. 2014).

Syrphidae. Muve lebdilice, osolike ili cvetne muve iz potfamilije Syrphinae i tribusa Pipizini, imaju dvostruki potencijalni značaj u poljoprivredi, kao agensi biološke kontrole i kao polinatori divljih biljaka i gajenih kultura (Vockeroth 1992, van Emden & Harrington 2007, Ssymank et al. 2008). Larve muva lebdilica iz potfamilije Syrphinae i tribusa Pipizini (potfamilija Eristalinae, po nekim autorima Syrphinae) su predatori pre svega biljnih vašiju, dok se adulti hrane polenom i nektarom (Vockeroth 1992). Visok fekunditet, ishrana larvi odmah po izleganju i njihova velika proždrljivost su osnovne odlike koje muve lebdilice svrstavaju u potencijalno efikasne prirodne neprijatelje (Chambers 1986, Tenhumberg & Poehling 1995). U umerenoj zoni većina vrsta ima jednu generaciju godišnje. Muve lebdilice se smatraju značajnim agensima u kontroli populacija biljnih vašiju žita, zasada citrusa, jabuka, i nekih tropskih useva (Brewer & Elliott 2004, Chambers & Adams 1986, Michaud & Belliure 2000, Schmidt et al. 2003, Tenhumberg & Poehling 1995). Muve lebdilice su veoma osetljive na efekte poljoprivredne intenzifikacije, pa su samim tim i dobri indikatori intenziteta korišćenja zemljišta (Dormann et al. 2007, Gagić et al. 2014). Prisustvo i brojnost muva lebdilica u

usevima pored intenziteta korišćenja zemljišta zavisi i od biotičkih interakcija sa drugim predatorima, ali i od predeonog konteksta, što ih čini pogodnim model organizmima u predeono-ekološkim israživanjima (Hindayana et al. 2001, Haenke et al. 2009, Meyer et al. 2009, Schweiger et al. 2007, Sarthou et al. 2005).

Ostale Diptera: Larve vrsta u okviru familije Chamaemyiidae se hrane isključivo biljnim vašima i mogu imati veoma važnu ulogu u kontroli brojnosti biljnih vašiju u zasadima jabuka i citrusa (van Emden & Harrington 2007). Takođe, larve nekih vrsta cecidomidnih muva iz rodova *Aphidoletes* i *Monobremia* se hrane isključivo biljnim vašima, dok se adulti hrane nektarom i mednom rosom. *Aphidoletes aphidimyza* je najpoznatija vrsta koja se koristi u programima biološke kontrole (van Lenteren 2012). Ova vrsta se retko sreće u agroekosistemima, gde intenzivne agrotehničke mere (oranje) sprečavaju njeno uspešno prezimljavanje (van Emden & Harrington 2007).

Nespecifični predatori (predatorske vrste Hemiptera, Chrysopidae, Carabidae, Staphylinidae, Lycosidae, Forficulidae) mogu biti brojni u agroekosistemima gde mogu da doprinesu smanjenju brojnosti biljnih vašiju (De Clercq et al. 2013, Snyder & Ives 2003; van Emden & Harrington 2007).

Hemiptera (stenice). Značajni predatori biljnih vašiju javljaju se u okviru familija Anthocoridae, Geocoridae, Miridae i Nabidae (Van Driesche et al. 2008, van Emden & Harrington 2007). Mnoge vrste predatorskih stenica se koriste u programima biološke kontrole (Van Driesche et al. 2008, van Lenteren 2012), međutim, one mogu i da naruše biološku kontrolu hraneći se ujedno i drugim predatorskim vrstama (Rosenheim et al. 1999, van Emden & Harrington 2007).

Neuroptera (mrežokrilci). Predatori biljnih vašiju javljaju se u okviru dve familije mrežokrilaca Chrysopidae (zlatooke) i Hemerobiidae (Senior & McEwen 2001). Larve Chrysopidae i Hemerobiidae su izraziti predatori, dok su adulti predatori ili se hrane polenom, nektarom, mednom rosom, glivama. Najviše podataka o predatorskoj aktivnosti mrežokrilaca u usevima potiče na osnovu kompleksa vrsta *Chrysoperla carnea*, koji obuhvata najmanje 20 srodnih vrsta (Senior & McEwen 2001). Zlatooke su potencijalno dobri agensi za biološku kontrolu zbog visoke rezistentnosti na insekticide (Rabasse & van Steenis 1999). Međutim, i pored znatnog

potencijala da redukuju brojnosti biljnih vašiju njihova efikasnost u prirodnim uslovima veoma varira, naročito usled intersecijskih interakcija sa drugim predatorima, u kojima zlatooke najčešće predstavljaju plen (Daane 2001).

1.3.1.2 Parazitoidi biljnih vašiju

Parazitoidi. Parazitoidi biljnih vašiju uključuju vrste iz reda Hymenoptera (fam. Braconidae i Aphelinidae), i nekoliko predstavnika iz reda Diptera (fam. Cecidomyiidae) (Hågvar & Hofsvang 1991). Za razliku od predatorskih artropoda, larvalno razviće parazitoida zavisi samo od jednog domaćina i njihov uticaj je relativno lakše kvantifikovati u laboratoriji ili određivanjem stope parazitiranosti na terenu (Macfadyen et al. 2015a).

Sve vrste iz brakonidne potfamilije Aphidiinae i neki rodovi iz familije Aphelinidae (*Aphelinus*) razvijaju se kao solitarni koinobiontni endoparazitoidi biljnih vašiju (Hågvar & Hofsvang 1991, Starý 1970a, Starý 2006). Na kraju larvalnog razvića parazitske ose ubijaju domaćina i prelaze u stadijum lutke, koja se formira unutar ili ispod očvrсле kutikule domaćina (mumije). Adultne ose su slobodnoživeće i hrane se mednom rosom, vodom i ekstrafloralnim nektarijama (potfamilija Aphidiinae) ili hemolimfom biljnih vašiju (ženke familije Aphelinidae). Ženka može da polaže jaja odmah po izleganju, nezavisno od ishrane i parenja i reproduktivni potencijal ide čak i do nekoliko stotina jaja po ženci (Rabasse & van Steenis 1999). Odlikuje ih arhenotokna reprodukcija, a neke vrste ili populacije su partenogenetske. Ženke pokazuju izvestan stepen preferencije prema II ili III larvalnom stupnju biljnih vašiju i do izvesnog stepena mogu da razlikuju parazitirane i neparazitirane biljne vaši. Disperzije na veće razdaljine ostvaruju vazдушnim strujanjima, bilo kao adulti ili unutar živih parazitiranih krilatih adultnih biljnih vašiju (Starý 2006).

Svetska fauna parazitskih osa iz potfamilije Aphidiinae obuhvata negde oko 60 rodova i više od 400 vrsta, dok je u Srbiji registrovano 24 roda i 122 vrste (Žikić et al. 2012). Spisak vrsta koje se komercijalno koriste u biološkoj kontroli biljnih vašiju je dat u Tabeli 2.

U okviru roda *Endaphis* (Cecidomyiidae) opisano je 6 vrsta parazitoida biljnih vašiju (Muratori et al. 2009). Ove vrste polažu jaja u bilzini kolonija biljnih vašiju, pri čemu prvi larvalni stupanj traga za vašima i parazitira ih. Razvijaju se kao koinobiontni endoparazitoidi. Poslednji larvalni stupanj napušta biljnu vaš i stadijum lutke se formira u zemljištu, po čemu se razlikuju od parazitoida iz reda Hymenoptera (Muratori et al. 2009).

Hiperparazitoidi. Hiperparazitoidi biljnih vašiju su sekundarni parazitoidi koji se razvijaju na račun primarnih parazitoida i na taj način mogu da utiču negativno na efikasnost biološke kontrole biljnih vašiju (Sullivan & Völkl 1999). Hiperparazitoidi biljnih vašiju se javljaju u okviru 4 familije Hymenoptera: Megaspilidae, Pteromalidae, Figitidae i Encyrtidae (Hochberg & Ives 2000). Sve vrste, sa izuzetkom *Dendrocerus liebscheri* Dessart, su solitarni hiperparazitoidi, dok se na osnovu načina polaganja jaja i ishrane larvi mogu podeliti na endoparazitoide i ektoparazitoide (Sullivan 1987, Sullivan & Völkl 1999). Endohiperparazitoidi pripadaju gotovo u potpunosti tribusu Alloxystini (Figitidae, Charipinae) i parazitiraju larve primarnih parazitoida u telu biljnih vašiju pre mumifikacije, tj. razvijaju se kao endofagni koinobiontni hiperparazitoidi. Ektohiperparazitoidi se javljaju u okviru familija Megaspilidae (rod *Dendrocerus*) i Pteromalidae (rodovi *Asaphes*, *Pachyneuron*, *Coruna*, *Euneura*) i razvijaju se kao ektofagni idiobiontni parazitoidi, pri čemu ženka polaže jaja nakon mumifikacije vaši na stadijum prepupe ili pupe domaćina. Ektohiperparazitoidi parazitiraju mumije biljnih vašiju nezavisno od toga da li se u njima nalaze primarni ili sekundarni parazitoid (Chow & Mackauer 1999). Hiperparazitoidi iz fam. Encyrtidae imaju veoma kompleksno razviće, pri čemu ženke imaju sposobnost da napadaju i žive i mumificirane vaši (Hochberg & Ives 2000). Sticanje znanja o biologiji i ekologiji hiperparazitoida je od velikog značaja za razumevanje njihovog uticaja na kontrolu biljnih vašiju u programima biološke kontrole. Međutim, još uvek su istraživanja faune hiperparazitoida na većim prostornim i vremenskim skalama malobrojna (Muller et al. 1999, Gagić et al. 2011, Gagić et al. 2012, Rand et al. 2012).

1.3.2 Biološka kontrola biljnih vašiju

Prirodni neprijatelji imaju važnu ulogu u regulisanju brojnosti populacija plena u prirodi i taj process, koji ne zavisi od intervencije čoveka, se naziva “prirodna kontrola” (Hajek 2004, Michaud 2012). Sa druge strane, “biološka kontrola” se odnosi na regulisanje gustine populacije štetočina i njihovo održavanje ispod praga ekonomske štete korišćenjem prirodnih neprijatelja (DeBach 1964, Berryman 1999). Procenjuje se da prirodna kontrola štetočina, kao besplatna usluga ekosistema, na svetskom nivou ima vrednost veću od 400 milijardi dolara godišnje (Costanza et al. 1997).

Postoje tri osnovna tipa biološke kontrole: klasična biološka kontrola, augmentativna kontrola i konzervaciona kontrola (DeBach 1964, Quicke 2014).

Klasična biološka kontrola se zasniva na unošenju stranih kontrolnih agenata u novu oblast radi kontrole štetočina, koje su takođe unete slučajno iz nekih drugih oblasti, a u nedostatku adekvatnih prirodnih neprijatelja. Cilj klasične biološke kontrole je trajno uspostavljanje introdukovanih prirodnih neprijatelja radi dugoročne kontrole egzotičnih štetočina.

Augmentativna kontrola se zasniva na oslobađanju prirodnih neprijatelja kako bi se povećala njihova brojnost u polju do nivoa koji je neophodan za uspešnu biološku kontrolu. Biološka kontrola putem augmentacije uključuje 1) *inokulativno oslobađanje*, kada se efekat kontrole očekuje od potomaka oslobođenih prirodnih neprijatelja, pri čemu njihovo dugoročno uspostavljanje nije planirano niti poželjno i 2) *inundativno oslobađanje*, kada se efekat kontrole očekuje usled aktivnosti oslobođenih prirodnih neprijatelja, koji se pre oslobađanja uzgajaju najčešće komercijalno. Kod inundativnog oslobađanja, za razliku od inokulativnog, ne očekuje se da se prirodni neprijatelji reprodukuju nakon oslobađanja (Roderick & Navajas 2003).

Konzervaciona kontrola se zasniva na manipulaciji životne sredine kako bi se pospešio opstanak i efikasnost agenata biološke kontrole obezbeđivanjem alternativnih izvora hrane i domaćina. Konzervaciona kontrola nosi najmanji rizik za ne-ciljne

organizme kada se zasniva na aktivnosti autohtonih prirodnih neprijatelja. Kao važne konzervacione mere Hokkanen (1991) izdvaja sledeće:

- Korišćenje selektivnih insekticida koji ne ubijaju prirodne neprijatelje
- Izbegavanje praksi koje su štetne po prirodne neprijatelje
- Korišćenje praksi koje pospešuju preživljavanje i razmnožavanje prirodnih neprijatelja
- Gajenje sorti koje favorizuju kolonizaciju prirodnih neprijatelja
- Obezbeđivanje alternativnih domaćina za prirodne neprijatelje
- Obezbeđivanje skloništa i hrane kao što su polen i nektar za adultne stadijume prirodnih neprijatelja.

Ova tri tipa biološke kontrole se često primenjuju zajedno čime se postiže veća efikasnost u kontroli štetočina (Koul & Dhaliwal 2003).

U odnosu na stepen ostvarenog uspeha biološka kontrola može biti potpuna, značajna ili delimična (DeBach 1964):

- *Potpuna kontrola* se postiže u slučaju kada se populacija štetočina drži ispod ekonomskog praga štete, tako da je primena pesticida praktično nepotrebna.
- *Značajna kontrola* se postiže u slučaju kada je za održavanje populacije štetočina ispod ekonomskog praga štete povremeno neophodna primena pesticida.
- *Delimičan uspeh u biološkoj kontoli* se ostvaruje u slučaju kada je primena pesticida neophodna, ali se primenjuje ređe ili u slučaju kada je potpuna kontrola ostvarena, ali u samo manjem delu područja zahvaćenog štetočinama.

Uspešnost biološke kontrole u velikoj meri zavisi od karakteristika prirodnih neprijatelja kao što su (Huffaker et al. 1976, Hassell 1978, Wiedenmann & Smith 1997):

- Prilagođenost na promenljive uslove životne sredine
- Visok stepen specijalizacije u pogledu domaćina, preferencija
- Visok stepen sinhronizacije sa životnim ciklusom domaćina

- Kompletiranje razvića na račun samo jedne jedinice domaćina
- Visoka efikasnost u pronalaženju plena, opšta pokretljivost i kapacitet za disperziju
- Visok reproduktivni potencijal
- Visoka stopa konzumiranja plena
- Sposobnost preživljavanja perioda bez dostupne hrane
- Ispoljavanje agresivnog ponašanja u slučaju visoke gustine domaćina

Pitanje da li su u biološkoj kontroli uspešniji predatori ili parazitoidi odavno intrigira naučnu javnost. Poređenje fekunditeta, brzine razvića, vremena generacije parazitoida i predatora i sinhronizacije sa plenom doprinose razumevanju njihovog potencijala u biološkoj kontroli. Kao jedan od glavnih argumenata za slabiju efikasnost predatora u biološkoj kontroli navodi se njihov polifagni način ishrane kao i činjenica da zahtevaju određeni minimalni broj jedinki plena za larvalno razviće kako bi se uspešno reprodukovali (Hofsvang 1990). Huffaker et al. (1976) iznose argumente koji idu u prilog većoj efikasnosti parazitoida u biološkoj kontroli u odnosu na predatore:

- U većoj meri su specijalisti u pogledu domaćina
- Odlikuju se većim stepen prilagođenosti i sinhronizacije sa domaćinom
- Imaju manje zahteve za hranom i ostvaruju bolju kontrolu pri nižoj gustini populacije domaćina
- Mlađi razvojni stadijumi ne tragaju za hranom

Predatorske artropode i parazitoidi imaju važnu ulogu u regulisanju brojnosti štetočina u agroekosistemima. Najstariji primeri primene prirodnih neprijatelja u biološkoj kontroli potiču iz drevne Kine i odnose se na upotrebu faraonskih mrava *Monomorium pharaonis* (Linnaeus) u kontroli skladišnih štetočina (Simmonds et al. 1976) i upotrebu mrava *Oecophylla smaragdina* Fabricius u kontroli citrusnih štetočina (van Lenteren 2005). Ipak, kvantifikacija doprinosa prirodnih neprijatelja u biološkoj kontroli štetočina još uvek predstavlja ogromni izazov (Michaud & Harwood 2012; Furlong 2015; Macfadyen et al. 2015a). Najčešće se kvalitativni zaključak o uticaju prirodnih neprijatelja izvodi indirektno, na osnovu prikupljenih podataka o prisustvu i

brojnosti vrsta, pri čemu se u slučaju niskih brojnosti prirodnih neprijatelja pretpostavlja njihov neznatan uticaj i obrnuto (Macfadyen et al. 2015a).

Jedan od najuspešnijih primera upotrebe prirodnih neprijatelja u biološkoj kontroli se odnosi na upotrebu australijske bubamare, *Rodolia cardinalis* Mulsant, u kontroli štitaste vaši *Icerya purchase* Maskel u Kaliforniji krajem XIX veka (Van Driesche et al. 2008). Još jedan pozitivan primer primene bubamara se odnosi na upotrebu *Cryptolaemus montrouzier* Mulsant i *Scymnus coccivora* Aiyar u kontroli hibiskusove vunaste vaši *Maconellicoccus hirsutus* Green (Nicot et al. 2011). Takođe, u kontroli biljnih vašiju soje (*Aphis glycines* Matsumura) ključnu ulogu imaju bubamare u čijem odsustvu prinos može da bude umanjen čak za 40 – 60 %, dok parazitoidi imaju samo neznatni značaj (Costamagna et al. 2008). Ipak, bubamare se nisu uvek pokazale kao efektivni agensi u biološkoj kontroli biljnih vašiju (Hemptinne & Dixon 1997). Dixon et al. (1997) su došli do zaključka da je verovatni razlog razlika u vremenu generacije predatora i plena, pri čemu se biljne vašiju razvijaju mnogo brže u poređenju sa afidofagnim bubamarama. Negativni primeri introdukcije bubamara se odnose na slučajeve širenja egzotičnih i potiskivanje autohtonih vrsta. Azijska bubamara, *Harmonia axyridis* (Pallas), se danas smatra invazivnom vrstom u mnogim delovima sveta (Adriaens et al. 2003; Brown et al. 2008; Koch & Galvan 2008; Roy & Wajnberg 2008). Slično, evropska vrsta *Coccinella septempunctata* L. je dovela do potpunog potiskivanja autohtonih vrsta bubamara u pojedinim delovima SAD (Elliott et al. 1996).

Jedan od prvih pokušaja primene parazitoida u biološkoj kontroli biljnih vašiju se odnosi na introdukciju *Aphelinus mali* (Haldeman) (Hymenoptera: Aphelinidae) radi kontrole *Eriosoma lanigerum* (Hausmann) (Hemiptera: Aphididae) na jabukama najpre u Francuskoj, a kasnije i u nekoliko drugih evropskih zemalja, Australiju i Novi Zeland (Howard 1929). Danas se više od 170 vrsta prirodnih neprijatelja proizvodi u komercijalne svrhe širom sveta (van Lenteren 2008, Cock et al. 2010).

Tabela 2. Pregled vrsta insekata koje se komercijalno koriste širom sveta u programima augmentativne biološke kontrole, područje primene, godina prve upotrebe i tržišna vrednost (v-velika = od sto hiljada pa do više miliona jedinki se proda nedeljno, s-srednja = od deset hiljada do sto hiljada jedinki se proda nedeljno, m-mala = od nekoliko stotina do nekoliko hiljada jedinki se proda nedeljno; boldovani prirodni neprijatelji se više ne koriste u komercijalne svrhe). Preuzeto i modifikovano prema van Lenteren (2012).

Prirodni neprijatelj	Klasifikacija	Oblast u kojoj se koriste	Godina prve upotrebe (procenjena)	Tržišna vrednost
<i>Adalia bipunctata</i>	Coleoptera	Evropa, Severna Amerika	1998	m
<i>Aphelinus abdominalis</i>	Hymenoptera	Evropa, Afrika severno od Sahare, Severna Amerika, Azija	1992	s
<i>Aphelinus asychis</i>	Hymenoptera	Azija	2005	m
<i>Aphelinus mali</i>	Hymenoptera	Evropa	1980	m
<i>Aphelinus varipes</i>	Hymenoptera	Evropa	2000	m
<i>Aphidius colemani</i>	Hymenoptera	Evropa, Afrika severno i južno od Sahare, Severna Amerika, Azija, Australija/Novi Zeland	1991	v
<i>Aphidius ervi</i>	Hymenoptera	Evropa, Afrika severno od Sahare, Severna i Latinoamerika, Azija	1996	v
<i>Aphidius gifuensis</i>	Hymenoptera	Azija	2005	s
<i>Aphidius matricariae</i>	Hymenoptera	Evropa, Severna Amerika	1980	s
<i>Aphidius transcaspicus</i>	Hymenoptera	Afrika južno od Sahare	2005	s
<i>Aphidius urticae</i> *	Hymenoptera	Evropa, Amerika, Maroko i Australija	1990	m
<i>Aphidoletes aphidimyza</i>	Diptera	Evropa, Afrika severno i južno od Sahare, Severna Amerika, Azija	1989	v

Tabela 2. Nastavak sa prethodne strane.

<i>Chrysoperla</i> (= <i>Chrysopa</i>) <i>carnea</i>	Neuroptera	Evropa, Afrika severno od Sahare, Severna i Latinoamerika, Azija	1970	s
<i>Chrysoperla</i> spp.	Neuroptera	Peru Latinoamerika	1990	v
<i>Chrysoperla</i> <i>rufilabris</i>	Neuroptera	Evropa, Severna Amerika	1970	m
<i>Coccinella</i> <i>septempunctata</i>	Coleoptera	Evropa	1980	m
<i>Coniopteryx</i> <i>tineiformis</i>	Neuroptera	Evropa	1990–2005	m
<i>Conwentzia</i> <i>psociformis</i>	Neuroptera	Evropa	1990–2005	m
<i>Episyrphus</i> <i>balteatus</i>	Diptera	Evropa	1990	s
<i>Exochomus</i> <i>laeviusculus</i>	Coleoptera	Evropa	1988	m
<i>Exochomus</i> <i>quadripustulatus</i>	Coleoptera	Evropa	2000	m
<i>Harmonia</i> <i>axyridis</i>	Coleoptera	Evropa, izuzev Francuske gde se koriste beskrilne <i>H.</i> <i>axyridis</i>	1995-2005	v
<i>Harmonia</i> <i>axyridis</i>	Coleoptera	Severna Amerika, Azija	1990	v
<i>Hippodamia</i> <i>convergens</i>	Coleoptera	Evropa	1993	m
<i>Hippodamia</i> <i>variegata</i>	Coleoptera	Australija	2000	m
<i>Lysiphlebus</i> <i>fabarum</i>	Hymenoptera	Evropa	1990	m
<i>Lysiphlebus</i> <i>testaceipes</i>	Hymenoptera	Evropa	1990	m
<i>Mallada signata</i>	Neuroptera	Australija	2000	v
<i>Micromus</i> <i>angulatus</i>	Neuroptera	Azija	2005	m
<i>Micromus</i> <i>tasmaniae</i>	Neuroptera	Australija /Novi Zeland	2000	m
<i>Praon volucre</i>	Hymenoptera	Evropa	1990	m
<i>Scymnus</i> <i>rubromaculatus</i>	Coleoptera	Evropa	1990	m
<i>Ephedrus</i> <i>cerasicola</i> **	Hymenoptera	Evropa	?	-
<i>E. plagiator</i> **	Hymenoptera	Evropa	?	-

* (Chen et al. 1990, Waterhouse & Sands 2001, Kenny 2002)

** Viridaxis: *Ephedrus cerasicola* i *E. plagiator*

1.4 Biologija i ekologija biljnih vašiju agroekosistema pšenice i lucerke i pregled kompleksa njihovih parazitoida u Srbiji

Biljne vaši (Hemiptera: Aphididae) su sitni insekti nežnog, mekanog tela (1 mm – 10 mm), koji se hrane isisavanjem biljnih sokova (Dixon 1998). Najveći broj vrsta se javlja u umerenoj zoni severne hemisfere (Petrović-Obradović 2003). U svetu je registrovano oko 4500 vrsta (Remaudière & Remaudière 1997), dok je u Srbiji zabeleženo oko 450 vrsta biljnih vašiju (Petrović 1998), od čega se oko 40 vrsta smatra ekonomski značajnim (Petrović-Obradović 2003), a oko 100 vrsta se razvija na gajenim biljkama.

Biljne vaši direktno nanose štetu biljkama isisavanjem biljnih sokova i formiranjem gustih kolonija, koje onemogućavaju proces fotosinteze i rast biljaka, dok se indirektni uticaj ostvaruje prenošenjem biljnih virusa, ali i lučenjem medne rose, koja pogoduje razvoju gljiva (Dixon 1998, Petrović-Obradović 2003). Teleoskopske generacije i partenogenetsko razmnožavanje omogućuju biljnim vašima da uspostave veoma brojne populacije (Dixon 1998), zbog čega su u stanju da nanesu ogromne štete usevima. U odnosu na godišnji ciklus razvica biljne vaši mogu biti holociklične ili anholociklične (Petrović-Obradović 2003). Holociklične vrste prezimljavaju u stadijumu jaja, koja polažu oviparne ženke u jesen, posle kopulacije sa mužjakom. Anholociklične vrste ne formiraju seksualnu generaciju, tokom čitave godine reprodukcija je u vidu partenogeneze, prezimljavaju larve i odrasle viviparne ženke. Kod nekih vrsta (*Sitobion avenae*, *Myzus persicae*) zastupljena su oba načina razvica.

Najveći broj vrsta biljnih vašiju (oko 90%) pokazuje visok stepen specijalizacije u pogledu domaćina i kompletira svoj životni ciklus na račun samo jednog domaćina (*monoecične vrste*) (Blackman & Eastop 2007). Vrste, koje za kompletiranje životnog ciklusa zahtevaju primarnog (razvica tokom jeseni, zime i proleća) i sekundarnog domaćina (razvica tokom leta), označavaju se kao *heteroecične vrste* (Petrović-Obradović 2003).

U Srbiji među vašima strnih žita kao najčešće zabeležene su sledeće vrste: *Sitobion avenae* (Fabricius, 1775), *Metopolophium dirhodum* (Walker, 1849), *Rhopalosiphum padi* (Linnaeus, 1758), *Schizaphis graminum* (Rondani, 1852) i

Diuraphis noxia (Kurdjumov, 1913) (Petrović-Obradović 2003, Tomanović et al. 2008, Plećaš et al. 2014). Na strnim žitima je zabeleženo i prisustvo drugih vrsta kao što su *Metopolophium festucae* (Theobald, 1917), *Sitobion fragariae* (Walker, 1848), *Rhopalosiphum maidis* (Fitch, 1856) i *Sipha maydis* Passerini, 1860 (Petrović 1996).

Od pomenutih vrsta biljnih vašiju na pšenici se najčešće javljaju *S. avenae*, *M. dirhodum* i *R. padi* (Carter et al. 1982, Tomanović et al. 2008, Plećaš 2013). Postoje jasne regionalne razlike u pogledu zastupljenosti vrsta biljnih vašiju u žitnim agroekosistemima (Hawro et al. 2015). U Švedskoj (Upsala i Skanija) najzastupljenija vrsta je *R. padi*, u Nemačkoj (Getingen i Jena) *S. avenae*, u Poljskoj (Varšava) populacije *S. avenae* i *M. dirhodum* su podjednako brojne, dok u Srbiji *S. avenae* je najzastupljenija vrsta sa dominacijom koja može biti čak preko 80% (Hawro et al. 2015, Plećaš 2013, Vereijken 1979).

Velika žitna vaš - ***Sitobion avenae*** (Fabricius)

Sitobion avenae životni ciklus kompletira na jednom domaćinu (monoecična vrsta) i javlja se na žitaricama i mnogim travama (Poaceae) (Blackman & Eastop 2007). Vodi poreklo iz Evrope, ali danas ima kosmopolitsko rasprostranjenje (Mediteran, na istoku do Indije i Nepala, Severna i Južna Afrika, Severna i Južna Amerika) (van Emden & Harrington 2007). U pogledu obojenosti javljaju se zelene i narandžaste forme. Na pšenici se hrani na listu, dok se ne pojavi klas, a kasnije prelazi na klas i tu pravi glavne štete (Dean & Luuring 1970, Vereijken 1979). Pored direktne štete koju nanosi hraneći se biljnim sokovima, *S. avenae* je i značajan vektor žute patuljivosti ječma i pšenice (engl. *barley yellow dwarf virus*) (Quillec et al. 1995).

S. avenae se odlikuje polimorfizmom u pogledu reproduktivnih strategija. Postoje 4 različita tipa: *holociklični*, koji u jesen produkuju samo mužjake i ženke koje polažu jaja; *prelazni*, koji produkuju obe seksualne morfe i partenogenetske ženke; *androciklični*, koji produkuju samo mužjake i partenogenetske ženke; *anholociklični*, koji produkuju samo partenogenetske ženke bez obzira na sredinske uslove (Dedryver et al. 1998). Zastupljenost različitih reproduktivnih strategija varira regionalno i zavisi od fotoperioda i temperaturnih uslova tokom zime (Dedryver et al. 1998). Tokom blagih

zima *S. avenae* nastavlja da se razmnožava partenogenetski usled čega u rano proleće mogu da uspostave populacije visokih brojnosti (van Emden & Harrington 2007). Može da prezimljuje u formi adulta, larvi i jaja. Od svih vrsta vaši koje se javljaju na pšenici, *S. avenae* nanosi najveću štetu, jer se jedinke razvijaju u klasu gde svojom ishranom direktno smanjuju masu zrna pšenice (Vereijken 1979).

Kompleks primarnih parazitoida *S. avenae* na području Srbije uključuje sledeće vrste: *Aphidius ervi* (Haliday, 1834), *Aphidius uzbekistanicus* (Luzhetzki, 1960), *Aphidius rhopalosiphi* (de Stefani-Perez, 1902), *Praon gallicum* Stary, 1971, *Praon volucre* (Haliday, 1833), *Praon abjectum* (Haliday, 1833), *Ephedrus plagiator* (Nees, 1811), *Lysiphlebus fabarum* (Marshall, 1896) i *Aphidius avenae* Haliday, 1834 (Tomanović & Brajković 2001, Tomanović et al. 2003, 2008, Žikić et al. 2012, Plećaš 2013). U Srbiji, *A. ervi* i *A. uzbekistanicus*, su dominantni primarni parazitoidi *S. avenae* (Tomanović et al. 2008, Plećaš 2013).

Kompleks hiperparazitoida primarnih parazitoida žitnih vašiju na području Srbije obuhvata 10 vrsta iz četiri familije nadfamilije Chalcidoidea: 1. Pteromalidae: *Asaphes vulgaris* Walker, 1834, *Asaphes suspensus* (Nees, 1834), *Coruna clavata* Walker, 1833, *Pachyneuron aphidis* (Bouché, 1834), *Pachyneuron concolor* Forster, 1841; 2. Figitidae: *Alloxysta brevis* (Thomson, 1862), *Alloxysta victrix* (Westwood, 1833), *Phaenoglyphis villosa* (Hartig, 1841); 3. Encyrtidae: *Syrphophagus aphidivorus* (Mayr, 1876) i 4. Megaspilidae: *Dendrocercus carpenteri* (Curtis, 1829) (Tomanović & Brajković 2001, Tomanović et al. 2008, Plećaš 2013). Od pomenutih vrsta hiperparazitoida, u slučaju *S. avenae*, utvrđena je dominantna zastupljenost *D. carpenteri* i *A. brevis* (Tomanović 1998, Tomanović et al. 2008, Plećaš 2013). Pored ove dve dominantne vrste, zabeleženo je prisustvo i *A. suspensus*, *P. aphidis*, *A. victrix*, *P. concolor*, *P. villosa* i *S. aphidivorus*.

Ružina vaš - *Metopolophium dirhodum* (Walker)

Ružina vaš je svetlozelene boje. Heteroecična je vrsta, i u Evropi se tokom jeseni, zime i proleća javlja na ružama, dok u kasno proleće i rano leto prelazi na brojne vrste iz fam. Poaceae, Cyperaceae, Juncaceae (Weber 1985). Godišnji ciklus razvika

može biti holocikličan i anholocikličan (Carter et al. 1982, Weber 1985). Obično se javlja na naličju listova pšenice, retko u klasu (Dean & Luuring 1970, Vereijken 1979). U poređenju sa *S. avenae* nanosi manju štetu prinosu pšenice (van Emden & Harrington 2007). Značajan je vektor žute patuljavosti ječma na ječmu i pšenici (engl. *barley yellow dwarf virus*) (Quillec et al. 1995).

U Srbiji, kompleks primarnih parazitoida *M. dirhodum* se u velikoj meri preklapa sa kompleksom primarnih parazitoida *S. avenae* (Tomanović & Brajković 2001), ali se udeo vrsta u znatnoj meri razlikuje (Tomanović et al. 2008). Među primarnim parazitoidima zabeleženo je i neznatno prisustvo *Aphelinus abdominalis* (Dalman, 1820). Kao dominantne vrste u parazitskom spektru *M. dirhodum* izdvajaju se: *A. rhopalosiphi* i *P. gallicum* (Tomanović et al. 2008).

Među hiperparazitoidima izleženim iz mumija *M. dirhodum* zabeležene su vrste: *A. suspensus*, *D. carpenteri*, *A. victrix*, *A. vulgaris*, *P. concolor*, *P. villosa*, *S. aphidivorus* (Tomanović et al. 2008).

Sremzina vaš - *Rhopalosiphum padi* (L.)

Sremzina vaš je maslinasto-zelene boje često sa šarom boje rđe, koja se nalazi u osnovi kornikula (Blackman & Eastop 2007). Prezimljuje u stadijumu jaja na primarnom domaćinu *Prunus padus* (holociklično razviće), ili na stupnju adulta i larvi na žitima i travama (anholociklično razviće) (Carter et al. 1982). Zbog slabe zastupljenosti primarnog domaćina i povoljnih klimatskih uslova u Srbiji preko 90% populacije je anholociklicno (Petrović-Obradović 2003). *R. padi* je vaš karakteristična za područja sa hladnijom klimom i najviše brojnosti dostiže u žitnim sistemima na severu Evrope u Skandinaviji (Leather et al. 1989, Hawro et al. 2015), gde je prisutan u značajnoj brojnosti njen primarni domaćin, *Prunus padus*. U Srbiji, sremzina vaš na pšenici je slabije zastupljena u poređenju sa *S. avenae* i *M. dirhodum* (Petrović 1996, Tomanović et al. 2008, Plećaš 2013), ali veliku brojnost može da dostigne tokom leta na kukuruzu i drugim biljkama fam Poaceae. *R. padi* se primarno javlja na donjem delu stabljike pšenice, na mestima gde liska prelazi u lisni rukavac. Po izduživanju stabljike *R. padi* se može naći na čitavoj biljci (Dean & Luuring 1970, Vereijken 1979). Pored

štete koju nanosi isisavanjem biljnih sokova, lučenjem medne rose, *R.padi* je i najznačajniji prenosilac virusa izazivača žute patuljivosti ječma na ječmu i pšenici (Carter et al. 1982).

Među primarnim parazitoidima sremzine vaši u Srbiji zabeležene su vrste *P. gallicum*, *A. rhopalosiphi*, *A. ervi* i *P. volucre* (Tomanović et al. 2008). Takođe je zapaženo neznatno prisustvo *Aphelinus varipes* (Förster, 1841). Postoje znatne regionalne razlike u pogledu kompozicije primarnih parazitoida biljnih vašiju u žitnim agroekosistemima (Hawro et al. 2015). Tako, *R. padi* u Švedskoj parazitiraju samo vrste rodova *Aphidius* i *Aphelinus*, dok je u Srbiji zapaženo dominantno prisustvo pre svega *P. gallicum*, naročito na kukuruzu (Tomanović et al. 2008, Hawro et al. 2015).

Među hiperparazitoidima izleženim iz mumija *R. padi* zabeležene su vrste *D. carpenteri*, *A. suspensus*, *S. aphidivorus* i *A. victrix* (Tomanović et al. 2008).

Faunističkim istraživanjima vaši lucerke u Srbiji je zabeleženo prisustvo sledećih vrsta: *Acyrtosiphon pisum* (Harris, 1776), *Aphis craccivora* Koch, 1854, *Therioaphis trifolii* Monell, 1882 (Tanasijević 1966, Tomanović 1994, Petrović-Obradović 2003, Petrović-Obradović & Tomanović 2005). Sve tri vrste biljnih vašiju se odlikuju kompleksima primarnih parazitoida koji su međusobno potpuno izolovani (Tomanović 1994, Tomanović 1998). Fauna hiperparazitoida biljnih vašiju leptirnjača (*A. pisum* (Harris 1776), *Aphis craccae* Linnaeus, 1758, *A. craccivora* Koch, 1854, *A. fabae* Scopoli, 1763, *T. trifolii* Monell, 1882) kod nas je u izvesnoj meri istražena i zabeleženo je prisustvo sledećih vrsta (Tomanović 1998): *Alloxysta brevis* (Thomson, 1862), *Alloxysta victrix* (Westwood, 1833), *Asaphes suspensus* (Nees, 1834), *Asaphes vulgaris*, *Coruna clavata* Walker, 1833, *Dendrocerus basalis* (Thomson, 1859), *Dendrocerus carpenter* (Curtis, 1829).

Zelena lucerkina vaš - *Acyrtosiphon pisum* (Harris)

Zelena lucerkina vaš je relativno krupna vrsta, koja se odlikuje polimorfizmom u pogledu obojenosti i u Evropi se javljaju 3 forme (zelena, crvena i žuta); žuta forma je veoma retka (Tomanović 1994). U umerenoj zoni *A. pisum* je monoecična i holociklična vrsta, dok u toplijim područjima može biti anholociklična. Palearkičkog je porekla i

danas se odlikuje kosmopolitskim rasprostranjenjem. Javlja se naročito na mladim vršnim delovima ili mahunama leguminoza (Blackman & Eastop 2007). U umerenoj zoni na lucerki pezimljuje na stupnju jaja u osnovi stabljika (Sary 1970b). Ubraja se u biljne vaši od najvećeg poljoprivrednog značaja. Na biljkama obično ne formira guste kolonije, ali je prenosilac više od 30 biljnih virusa (Tomanović 1994, Blackman & Eastop 2007). Zelena lucerkina vaš predstavlja kompleks različitih biotipova. U Zapadnoj Evropi je utvrđeno 11 biotipova zelene lucerkine vaši od kojih se 3 biotipa mogu smatrati zasebnim vrstama, dok preostalih 8 predstavljaju specijalizovane rase u pogledu biljnih domaćina (Peccoud et al. 2009). U Francuskoj, molekularnim analizama je utvrđeno da se simpatičke populacije *A. pisum* na grašku, datelini i lucerki, odlikuju zasebnim fakultativnim simbiontima i većim genetičkim razlikama u poređenju sa alopatričkim populacijama na istom usevu (Simon et al. 2003). Zelena lucerkina vaš je jedan od očiglednih primera evolucije na delu, gde visoka specijalizacija u pogledu biljke domaćina vodi ka reproduktivnoj izolaciji simpatičkih populacija i njihovoj specijaciji.

Među primarnim parazitoidima zelene lucerkine vaši u Srbiji je zabeleženo 6 vrsta: *Aphidius ervi* (Haliday, 1834), *Aphidius eadyi* Sary, Gonzalez & Hall, 1980, *Aphidius avenae* Haliday, 1834, *Aphidius urticae* Haliday, 1834, *Ephedrus plagiator* (Nees, 1811), *Praon barbatum* Mackauer, 1967 i *Praon volucre* (Haliday, 1833) (Tomanović 1998, Žikić et al. 2012). Od navedenih vrsta, *A. eadyi* i *P. barbatum*, su monofagne vrste i vezane su isključivo za *A. pisum*. *A. ervi*, *P. barbatum* i *A. eadyi* su dominantne vrste u parazitskom spektru zelene lucerkine vaši, dok se ostale vrste javljaju znatno ređe (Tomanović 1998).

Crna lucerkina vaš - ***Aphis craccivora*** Koch

Crna lucerkina vaš je tamno braon boje, telo nimfi je pokriveno praškastim voskom, dok su beskrilni adulti sa dorzalnim sjajnim štitom (Blackman & Eastop 2007). Kosmopolitskog je rasprostranjenja, ali je naročito zastupljena u toplim umerenim i tropskim područjima. Ciklus razvika je uglavnom anholocikličan, mada su zabeležene i holociklične populacije (u Nemačkoj, Indiji, Argentini) (Blackman & Eastop 2007). Polifagna je vrsta, ali se najčešće javlja na biljkama iz familije Fabaceae (npr. *Arachis*,

Colutea, *Glycine*, *Medicago*, *Melilotus*, *Trifolium*, *Vicia*). Prenosilac je većeg broja biljnih virusa (oko 30) (Blackman & Eastop 2007). Na lucerki se uglavnom javlja na donjim i središnjim delovima biljke, pre svega na stabljici (Berberet et al. 1991, Berberet et al. 2009).

Kompleks primarnih parazitoida *A. craccivora* na lucerki u Srbiji obuhvata sledeće vrste: *Lysiphlebus fabarum* (Marshall, 1896), *Lipolexis gracilis* Foerster, 1862 i *Binodoxys acalephae* (Marshall, 1896), pri čemu je *L. fabarum* dominira u parazitskom spektru ove vaši (Tomanović 1998, Žikić et al. 2012).

***Therioaphis trifolii* (Monell)**

Therioaphis trifolii je sitna sjajna vaš, bledo žute ili zelenkasto beličaste boje, dorzalno sa nizovima pigmentisanih tuberkula na kojima se nalaze dlačice (Blackman & Eastop 2007). *T. trifolii* potiče iz Palearktika (centralna Azija i jugoistočna Evroazija), odakle je introdukovana u Severnu i Južnu Ameriku, Južnu Afriku, Japan, Australiju i Novi Zeland (Graham 1959, Blackman & Eastop 2007). Monoecična je vrsta, koja u regionima sa hladnijom klimom prezimljuje u stupnju jaja, dok se u toplijim područjima odlikuje anholocikličnim ciklusom razvića (Carver 1978, Sunnucks et al. 1997). *T. trifolii* se može naći na vrstama iz većeg broja rodova fam. Fabaceae (*Medicago*, *Trifolium*, *Melilotus*, *Ononis*, *Lotus*, *Astragalus* i *Onobrychis*) (Carver 1978, Blackman & Eastop 2007). *T. trifolii* se odlikuje postojanjem biotipova, koji se javljaju na određenim biljnim domaćinima. U Severnoj Americi postoje dva biotipa *T. trifolii*, koji su reproduktivno izolovani iako žive simpatrički. YCA biotip (engl. *yellow clover aphid*) se hrani isključivo na *Trifolium pratense*, dok SAA biotip (engl. *spotted alfalfa aphid*) se uglavnom hrani na *M. sativa*. U Australiji je utvrđeno prisustvo trećeg biotipa SCA (engl. *spotted clover aphid*) koji se javlja na *Trifolium subterraneum* (Sunnucks et al. 1997). U Srbiji, *T. trifolii* je zabeležena samo na *Medicago sativa* (Tomanović 1998, Petrović-Obradović 2003, Žikić et al. 2012). Na biljci preferira lisnu ploču u odnosu na lisnu dršku ili stabljiku i uglavnom se javlja u donjim delovima biljke, pri čemu se pomeranje prema vršnim delovima dešava samo nakon nekroze i gubitka listova (Berberet 1991). Optimalni uslovi za razviće ove vrste su temperatura od 28-30 °C i relativna vlažnost od 25-30 % (Graham 1959, Walker & Cameron 1985). Zahtevi *T.*

trifolii za razvoj u pogledu temperature i vlažnosti jasno ukazuju na to da ova vrsta može biti značajna štetočina u toplijim i suvljim područjima (Graham 1959, Nielson & Barnes 1961).

Kompleks primarnih parazitoida *T. trifolii* u Srbiji obuhvata samo 2 vrste: *Praon exsoletum* (Nees, 1811) i *Trioxys complanatus* Quilis Perez, 1931 (Tomanović 1998, Žikić et al. 2012).

1.5 Efekat karakteristika staništa i poljoprivrednih predela na brojnosti populacija, bogatstvo vrsta i ekosistemske usluge u agroekosistemima

Poljoprivredna praksa, kao i kompleksnost kompozicije i konfiguracije predela, su među glavnim činiocima koji utiču na štetočine, prirodne neprijatelje i njihove interakcije u agroekosistemima (Fahrig et al. 2011, Landis et al. 2000, Martin et al. 2013, Rusch et al. 2010, Veres et al. 2013). Tranzicija od ekstenzivne ka intenzivnoj poljoprivrednoj praksi je dovela do strukturnog pojednostavljenja poljoprivrednih predela putem povećanja površina pod monokulturama i gubitka poluprirodnih staništa (Tschardt et al. 2005, Bianchi et al. 2006). Širenje i intenzifikacija poljoprivrede dovode do gubitka biodiverziteta, što se negativno odražava na ekosistemske usluge koji imaju svoju ekonomsku vrednost (Costanza et al. 1997, Kremen et al. 2007). Poljoprivredni predeli se tokom vremena intenzivno menjaju usled promene namene poljoprivrednih parcela, što utiče na distribuciju i dostupnost resursa, a time i na mogućnost opstanka organizama (Schellhorn et al. 2015b). Nasuprot poljoprivrednim površinama, elementi prirodne i poluprirodne vegetacije u predelima imaju trajniji karakter i ostaju relativno nepromenjeni tokom dužeg vremena (Lunt & Spooner 2005). Smatra se da poluprirodna staništa imaju presudni značaj za opstanak prirodnih neprijatelja i štetočina u poljoprivrednim predelima, tako što pružaju alternativne ili komplementarne resurse hrane, skloništa i mesta za prezimljavanje (Dunning 1992, Médiène et al. 2011, Roschewitz et al. 2005, Rusch et al. 2011, Veres et al. 2013, Thies et al. 2005).

Raznovrsniji predeli često podržavaju veće brojnosti i diverzitet prirodnih neprijatelja i odlikuju se manjim pritiskom štetočina u usevima (Bianchi et al. 2006). Međutim, rezultati mnogih studija su protivrečni (Veres et al. 2013), najverovatnije zbog okolnosti da se u najvećem broju istraživanja procenat poluprirodnih staništa obično predstavlja kao suma površina pod različitim tipovima staništa (šume, livade, ivične zone polja, živice) čime mogu da budu obuhvaćena staništa koja nemaju značaj za vrste od interesa (Fahrig et al. 2011, Veres et al. 2013, Duflot et al. 2015), a neka od najznačajnijih staništa ostaju neidentifikovana. Da bi se postiglo održivo upravljanje poljoprivrednim predelima, potrebno je da se razume funkcionalna uloga različitih poluprirodnih staništa u predelu u odnosu na vrste prirodnih neprijatelja i štetočina od interesa (Fahrig et al. 2011, Sarthou et al. 2014). Mnogi organizmi koriste komplementarne resurse u predelu i njihovo prisustvo u određenom staništu zavisi od prisustva drugih staništa koje ti organizmi koriste tokom svog životnog ciklusa, od njihove stanišne specifičnosti i disperzivnih mogućnosti (Mandelik et al. 2012). Upravo iz tog razloga, sve veći broj istraživanja se danas bavi pitanjem na koji način ne samo diverzitet predela već i njegove pojedinačne komponente utiču na štetočine i prirodne neprijatelje (Thies & Tscharntke 1999, Gardiner et al. 2009, Werling et al. 2011, Woltz & Landis 2014).

Pojednostavljenje karakteristika staništa dovodi do smanjenja brojnosti i diverziteta prirodnih neprijatelja u agroekosistemima i većeg pritiska štetočina (Altieri & Nicholls 2004, Andow 1991). Poljoprivredni sistemi, za razliku od prirodnih sistema, su izloženi višestrukim remećenjima tokom vegetacione sezone (Schellhorn et al. 1999). Brojnost i bogatstvo prirodnih neprijatelja u agroekosistemima zavisi od učestalosti i intenziteta primenjenih agrotehničkih mera (mehanička obrada zemljišta, suzbijanje korova, upotreba pesticida, đubriva, žetva, rotacija useva) (Kendall 2003). Jednogodišnje monokulture sa konvencionalnom poljoprivrednom praksom su, zbog oskudnog biodiverziteta, ekološki veoma nestabilni sistemi, osetljivi na prisustvo patogena i štetočina (Altieri & Nicholls 2004). Lucerka, kao višegodišnja monokultura, izložena periodičnim košenjima, po svojim karakteristikama nalazi se na prelazu između jednogodišnjih i višegodišnjih useva (Wiedenmann & Smith 1997). Pons et al. (2005) su ustanovili da je u poljima lucerke diverzitet afidofagnih predatorskih vrsta viši u poređenju sa jednogodišnjim monokulturama (kukuruz, ozima pšenica) i takođe

su istakli potencijalni značaj lucerišta kao rezervoara prirodnih neprijatelja (Anthocoridae, Nabidae, Staphylinidae, Araneae) za jednogodišnje useve u predelu. Raznovrsniji sistemi, kao što su polikulture, višegodišnji usevi i prirodni sistemi podržavaju veće brojnosti prirodnih neprijatelja i manje brojnosti herbivornih vrsta (Langellotto & Denno, 2004, Root 1973). Takvi sistemi, koji su u manjem stepenu remećeni agrotehničkim merama, kontinuirano pružaju neophodne resurse prirodnim neprijateljima (alternativni plen, polen, nektar, skloništa, mesta za prezimljavanje) čime se smanjuje verovatnoća njihovog lokalnog iščezavanja (Altieri & Letourneau 1982).

Attwood et al. (2008) su na osnovu meta-analiza došli do zaključka da postoji opšti trend smanjenja bogatsva vrsta i brojnosti predatorskih artropoda duž gradijenta intenzifikacije korišćenja zemljišta (antropogenog narušavanja i remećenja) idući od prirodnih sistema ka sistemima sa intenzivnom poljoprivrednom praksom. Broj vrsta predatorskih artropoda u prirodnim sistemima značajno je veći nego u agroekosistemima, kao i u sistemima sa manje intenzivnom poljoprivredom u poređenju sa konvencionalnim agroekosistemima. Takođe, brojnosti predatorskih artropoda (pauci, trčuljci, bubamare, mrežokrilci, stafinilide) su značajno više u sistemima sa manje intenzivnom poljoprivredom u poređenju sa konvencionalnim agroekosistemima. U pogledu bogatstva vrsta herbivora, nisu uočene razlike između različitih kategorija korišćenja zemljišta, što je najverovatnije posledica malog broja radova obuhvaćenih ovom analizom. Sličan rezultat dobijen je za brojnosti herbivora. Međutim, u 75% analiziranih radova utvrđene su više brojnosti homoptera u poljoprivrednim sistemima u poređenju sa prirodnom vegetacijom (Attwood et al. 2008).

Prema nedavno predloženoj hipotezi intermedijerne predeone kompleksnosti, kompleksni predeli bi trebalo da kompenzuju lokalne procese remećenja na nivou polja putem imigracije organizama iz okolnih (poluprirodnih i/ili) prirodnih staništa (Tscharntke et al. 2005, Tscharntke et al. 2012). Kleijn et al. (2011) ističu da efikasnost mera zaštite biodiverziteta u poljoprivrednim predelima zavisi od intenziteta korišćenja zemljišta, strukture predela i ekološkog kontrasta. Najviše dokaza o interakciji između kompleksnosti predela i lokalnog intenziteta remećenja staništa potiče iz istraživanja koja se odnose na isti tip useva sa različitom lokalnom poljoprivrednom praksom (Jonsson et al. 2012, Roschewitz et al. 2005, Rusch et al. 2011). Sa druge strane,

određeni broj studija bavio se odgovorom štetočina i prirodnih neprijatelja u različitim staništima na predeonu kompleksnost, ali bez razmatranja funkcionalnog značaja različitih tipova staništa u predelu (Batáry et al. 2012, Öberg et al. 2007, Tylianakis 2006, Werling & Gratton 2008, ali videti Werling et al. 2011). Potreban je što veći broj detaljnih istraživanja interaktivnih efekata važnih predeonih parametara i karaktera remećenja staništa na ciljne grupe organizama. Pokušaji da se poveća biološka kontrola u određenom staništu mogu biti uspešniji ukoliko se okolnim predelom upravlja na takav način da se time pospeši prisustvo prirodnih neprijatelja ne samo u staništu od interesa, već i u susednim staništima koja podržavaju iste vrste prirodnih neprijatelja. Takav integrativni pristup bi trebalo da pomogne razvoju strategija, kojima će se maksimalizovati usluge koje pružaju prirodni neprijatelji i smanjiti rizik masovnih pojava štetočina u poljoprivrednim predelima.

Efekti predeonih karakteristika na brojnost, diverzitet vrsta i ekosistemske usluge mogu u velikoj meri da variraju usled regionalnih razlika, vremenske i prostorne rezolucije istraživanja, razlika između taksona ili funkcionalnih grupa obuhvaćenih istraživanjem. Karakteristike predela mogu da utiču i na prirodu interakcija između prirodnih neprijatelja, koje kaskadno mogu da dovedu do oslobađanja herbivora od pritiska predatora i većeg gubitka prinosa (Martin et al. 2013). Efekat prirodnih neprijatelja na kontrolu štetočina može da bude maskiran sezonskim ili godišnjim variranjima sredinskih faktora. Analizom temporalne dinamike populacija Chaplin-Kramer et al. (2013) došli su do zaključka da se efekat predeone kompleksnosti i predatora (Syrphidae) na biljne vaši (*Brevicoryne brassicae*) uočava tek pri finijoj vremenskoj rezoluciji (interval on nedelju dana). Važno napomenuti da pozitivan efekat predeonih karakteristika na prirodne neprijatelje u agroekosistemima ne znači uvek i bolju biološku kontrolu štetočina. Manji broj predeonih istraživanja se bavio razumevanjem pitanja u kojoj meri prirodni neprijatelji doprinose smanjenju gubitka prinosa useva, tako da je razumevanje uticaja karakteristika predela na kontrolu štetočina još uvek prilično oskudno (Chaplin-Kramer et al. 2011, Chaplin-Kramer et al. 2013, Schneider et al. 2015).

Postoji određen broj ograničenja sa kojima se istraživači sreću u predeono-ekološkim istraživanjima. Neki od problema se odnose na: (1) visok stepen korelacije

između različitih predeonih atributa, npr. udeo poluprirodnih staništa u predelu je često korelisan sa diverzitetom staništa i intenzitetom poljoprivrede u predelu (Thies & Tschardt 1999, Steffan-Dewenter et al. 2002, Roschewitz et al. 2005) i u takvim slučajevima teško je utvrditi njihov pojedinačni doprinos objašnjenju ispitivanog fenomena; (2) uticaj predeonih karakteristika na biotičke interakcije u agroekosistemima je najčešće proučavan samo tokom jedne sezone ili jedne godine (Batáry et al. 2012, Costamagna et al. 2004, Gagić et al. 2011, Haenke et al. 2009, Jonsson et al. 2015, Menalled et al. 1999, Öberg et al. 2007, Rand et al. 2012, Steffan-Dewenter et al. 2002, Werling & Gratton 2008, Werling et al. 2011, ali videti i Elliott 2002, Gardiner et al. 2009, Holzschuh et al. 2010, Macfadyen et al. 2015b, Plećaš et al. 2014, Schneider et al. 2015, Thies et al. 2005); (3) u najvećem broju istraživanja korišćeni su samo statički deskriptori predela (videti Chaplin-Kramer et al. 2013, Macfadyen et al. 2015b), čime se zanemaruje funkcionalna povezanost staništa u predelu tokom vremena što je od velikog značaja za razumevanje načina na koji vrste kontinuirano koriste predeo (Macfadyen et al. 2015b, Schellhorn 2015a, 2015b). Odsustvo potpune slike o prostorno-vremenskoj dinamici predela onemogućava razumevanje mehanizama koji utiču na ekosistemske usluge i kontra-usluge (engl. *dis-service*) u agroekosistemima.

Jasno je da obrazac remećenja staništa, koji se ispoljavaja na lokalnoj i predeonoj skali, utiče na prisustvo i zastupljenost vrsta u životnim zajednicama (Dunning et al. 1992; Elliott et al. 2002; Martin et al. 2013), ali njihov interaktivni uticaj na brojnost i diverzitet vrsta u velikoj meri je nepoznat. Upravljanje poljoprivrednim predelima znatno je otežano činjenicom da jedan isti (generalni) tip predela može da ima oprečne efekte na diverzitet i brojnost različitih grupa organizama, jer prisustvo različitih vrsta zavisi od prisustva različitih tipova staništa u predelu. Izdvajanje kategorija staništa u predelu i njihov odabir u predeono-ekološkim istraživanjima zavisi prvenstveno od vrste ili grupe vrsta od interesa. Takođe, izbor predeonih parametara mora biti prilagođen objektu i cilju istraživanja. Jedan od osnovnih izazova u predeonoj ekologiji odnosi se na mogućnost upravljanja predelima na takav način da se istovremeno omogući prisustvo što je moguće većeg broja vrsta, koje zavise od prisustva različitih tipova staništa u predelu.

Brojna predeono-ekološka istraživanja u agroekosistemima fokusirana su na jednogodišnje efemerne monokulture (npr. Bommarco & Ekbom 2000; Caballero-López et al. 2012; Gagic 2011, 2012; Elliot et al. 1999; Hawro et al. 2015; Holzschuh et al. 2007; Macfadyen et al. 2015; Menalled et al. 2003; Martin et al. 2015; Östman et al. 2001; Östman 2002; Plečšaš et al. 2014; Raymond et al. 2015; Roschewitz et al. 2005; Zhao et al. 2015; Vollhardt et al. 2008). Istraživanje višegodišnjih agroekosistema, uključujući lucerište kao višegodišnju kulturu, omogućava potpuniji uvid u uticaj temporalne dinamike predela na procese i organizme u poljoprivrednim predelima. Kao trajniji predeoni element sa značajnim agrobiodiverzitetom, lucerišta potencijalno predstavljaju rezervoare prirodnih neprijatelja za susedne jednogodišnje kulture, uprkos remećenju u vidu periodičnih košenja (Pons et al. 2005, Summers 1998). Pokazano je da udeo lucerke u predelu ima pozitivan efekat na brojnost prirodnih neprijatelja i na kontrolu biljnih vašiju (Costamagna et al. 2015). Bolje razumevanje karakteristike predela koje mogu podići nivo ekosistemskih usluga (npr. biološke kontrole), odnosno, doprineti smanjenju gubitaka prinosa useva kroz unapređeno upravljanje poljoprivrednim predelima.

1.6 Značaj taksonomije u predeono-ekološkim istraživanjima

Dobro poznavanje taksonomije štetočina i prirodnih neprijatelja predstavlja bitan preduslov za naučnu relevantnost predeono-ekoloških istraživanja, pre svega u pogledu pouzdanosti utvrđenih činjanica o vezi između pojedinih taksona, ekosistemskih usluga / šteta i predeonih karakteristika. Bortolus (2008) navodi da čak 62,5% studija objavljenih u prestižnim ekološkim časopisima za period 2005–2007. godine ne sadrži informacije o pouzdanosti taksonomske identifikacije organizama obuhvaćenih istraživanjem. Precizna taksonomska identifikacija je neophodna kako bi se izbeglo sticanje pogrešne slike o stanju biodiverziteta, funkcionisanju ekosistema i njihovoj strukturi. Prema tome, donošenje adekvatnih odluka o upravljanju poljoprivrednim predelima nije moguće bez ekoloških studija, koje nisu moguće bez pouzdane taksonomije (Bortolus 2008).

I pored velikog ekonomskog značaja, taksonomski diverzitet afidnih parazitoida i hiperparazitoida nije dovoljno proučen. Savremenim molekularnim metodama omogućeno je efikasno otkrivanje novih vrsta, naročito u okviru kriptičkih taksona (Bickford et al. 2007). Kompleksi kriptičkih vrsta su potvrđeni u slučaju mnogih parazitskih opnokrilaca (Atanassova et al. 1998, Alvarez & Hoy 2002, Desneux et al. 2009, Heimpel et al. 1997, Heraty et al. 2007, Mitrovski-Bogdanović et al. 2013). U okviru regionalnih faunističkih kompleksa često se javljaju egzotične vrste, koje dugo ostaju neidentifikovane. U takvim naizgled homogenim populacijama gotovo neprimetno može doći do promena u relativnoj zastupljenosti i geografskoj distribuciji autohtonih i alohtonih vrsta (Bortolus 2008). U Srbiji i susednim zemljama se za jedan takson beleži kontinuirani porast brojnosti tokom skoro 20 godina, ali do sada ne postoje publikovani podaci za Evropu. Takson morfološki odgovara vrsti opisanoj iz Indije, *Aphidius smithi* Sharma & Subba Rao 1959, koja je tokom prošlog veka introdukovana u SAD, Čile, Argentinu, Australiju, Novi Zeland i Italiju, radi suzbijanja zelene lucerkine vaši (Mackauer & Finlayson 1967, Cameron & Walker 1989, Pennacchio 1989, Powell & Pell 2007, Starý 1974b). Nedostatak jasne taksonomske karakterizacije onemogućava pouzdanu identifikaciju i druge analize ekološkog statusa i značaja ovakve vrste u kontekstu biološke kontrole štetočina, kao i šire – funkcionisanja parazitoidnih trofičkih kompleksa u agroekosistemima. Takođe, novija saznanja o taksonomiji i diverzitetu roda *Alloxysta* (Ferrer-Suay et al. 2013), koji obuhvata sekundarne parazitoide vašiju, doprinose boljem razumevanju trofičkog statusa i značaja hiperparazitoidnih interakcija u agroekosistemima. Ovakvi primeri ističu fundamentalni značaj taksonomije u ekološkim istraživanjima, čak i u slučaju faune dobro proučenih agroekosistema.

2. Ciljevi disertacije

Centralni predmet istraživanja ove disertacije je analiza uticaja karakteristika poljoprivrednih predela na dinamiku populacija i trofičke interakcije u odabranim zajednicama biljnih vašiju i njihovih prirodnih neprijatelja. Analizirani su parametri diverziteta vašiju, primarnih parazitoidea, hiperparazitoidea, artropodnih predatora, kao i intenzitet parazitizma i hiperparazitizma u agroekosistema različitog intenziteta i režima agrotehničkog tretmana na gradijentu predeone kompleksnosti. Procenjivani su efekti predeonih karakteristika na ekosistemske usluge (redukciju štetnih biljnih vašiju kroz unapređenje uslova za biološku kontrolu), a posebno, potencijal utrina i lucerišta kao izvora/rezervoara biljnih vašiju i njihovih prirodnih neprijatelja za susedne poljoprivredne kulture višeg intenziteta remećenja (pšenica). Analiza je organizovana u formi dve predeono-ekološke studije, realizovane u dva predeona konteksta sa dominacijom agroekosistema i asociranih polu-prirodnih staništa karakterističnih za istraživana područja.

Prva studija posvećena je utvrđivanju funkcionalnog značaja različitih predeonih elemenata za biljne vaši i njihove prirodne neprijatelje u staništima različitog karaktera antropogenog remećenja (intenzitet primene agrotehničkih mera u tri tipa staništa, na gradijentu: pšenica > lucerka > utrine), a u predeonom kontekstu koji podrazumeva različitu zastupljenost jednogodišnjih kultura, poluprirodne zeljaste vegetacije i žbunaste vegetacije. Rastući karakter antropogenog delovanja na nivou staništa praćen je povećanjem negativnih efekata kroz smanjenu trajnosti i kompleksnost staništa, što skupa negativno utiče na sastav faune i populacionu dinamiku prirodnih neprijatelja biljnih vašiju. Ova predeono-ekološka studija realizovana je u široj okolini Smedereva. Testirane su dve komplementarne hipoteze:

- Veći intenzitet antropogenog remećenja staništa uslovljava više brojnosti, ali manje bogatstvo vrsta biljnih vašiju, niže brojnosti i manje bogatstvo vrsta prirodnih neprijatelja, i niže stope parazitiranosti.

- Različiti tipovi vegetacije prisutnih u okviru predela (različite jednogodišnje kulture, poluprirodna zeljasta i žbunasta vegetacija) imaju različit funkcionalni značaj

za odabrane grupa artropoda, u zavisnosti od karaktera antropogenog remećenja na nivou analiziranih tipova staništa.

Druga studija fokusirana je na analizu uticaja karakteristika predela na brojnost biljnih vašiju, broj vrsta parazitoida i stope parazitiranosti u agroekosistemima lucerke, a u kontekstu sezone dinamičke karakteristične za ovu kulturu. Studija je realizovana na području Pančevačkog rita. Testirane su sledeće hipoteze:

- Jednostavni predeli, u poređenju sa kompleksnim, odlikuju se višim brojnostima biljnih vašiju usled slabijeg pritiska prirodnih neprijatelja.
- Diverzitet primarnih parazitoida i stope parazitizma više su u kompleksnim predelima, usled dostupnosti alternativnih resursa i staništa.
- Uticaj predela može da se menja tokom sezona usled dinamičke prirode predela.
- Brojnosti monoecičnih vrsta biljnih vašiju, sa rasama visoko specijalizovanim u pogledu biljke domaćina (*Acyrtosiphon pisum* i *Therioaphis trifolii*) više zavise od udela kulture lucerke na predeonoj skali nego brojnosti polifagnih vrsta (*Aphis craccivora*).

Paralelno sa predeono-ekološkim istraživanjima, realizovana je i taksonomska karakterizacija istraživanih trofičkih kompleksa, tj. definisanje taksonomskog statusa i analiza faunističkog diverziteta, a posebno karakterizacija faunističkog kompleksa primarnih i sekundarnih parazitoida zelene lucerkine vaši.

Poseban fokus bio je na vrsti *Aphidius eadyi*, koja se u agroekosistemima Srbije i susednim zemljama javlja u dva koloristička fenotipa (“žuta” i “crna” forma). Uočeni “žuti” fenotip bi mogao odgovarati invazivnoj vrsti orijentalnog porekla, ili alternativno, predstavljati za nauku nepoznatu vrstu parazitoida. Cilj taksonomskog istraživanja je definisanje statusa uočenog “žutog” fenotipa *A. eadyi*, morfološkim i molekularnim metodama, što bi omogućilo pouzdanu identifikaciju i druge analize

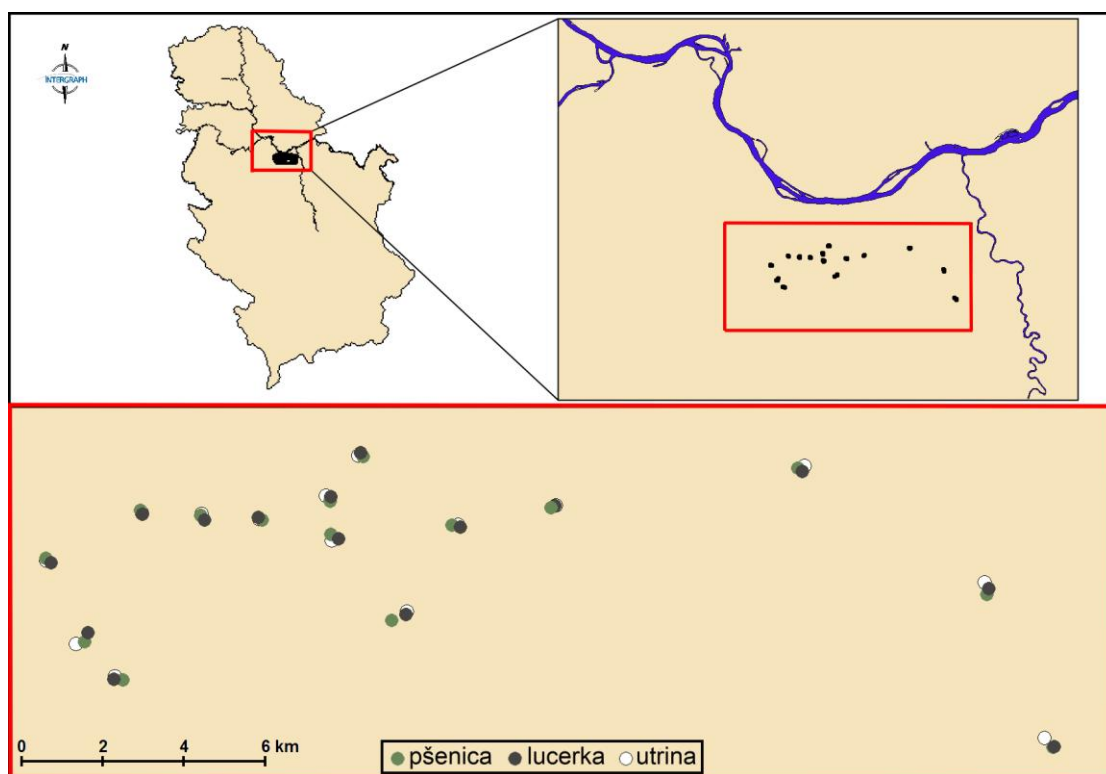
statusa i značaja ovakve vrste. Što se tiče sekundarnih parazitoida vašiju, novija saznanja o taksonomiji roda *Alloxysta* (Ferrer-Suay et al. 2013) treba da doprinesu boljem razumevanju njihovog diverziteta i trofičkog statusa u agroekosistemima Srbije. Cilj faunističkog segmenta rada je što detaljniji popis istraživanih taksona u agroekosistemima, uz eventualno registrovanje novih vrsta za faunu Srbije.

3. Materijal i metode

3.1 Predeono-ekološka studija 1: okolina Smedereva

3.1.1 Dizajn istraživanja i karakteristike istraživanog područja

Prva predeono-ekološka studija realizovana je na seriji od 15 poljoprivrednih predela u centralnoj Srbiji, u široj okolini Smedereva (približna ukupna površina istraživanog područja 234 km²) (Slika 2). Početkom juna 2012. godine u svakom predelu uzorkovane su biljne vaši i njihovi prirodni neprijatelji (predatorske Coccinellidae, predatorske Hemiptera, Syrphidae, parazitske Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) u tri tipa staništa sa jasno izraženim razlikama u pogledu intenziteta remećenja (pšenica, lucerka i utrina).



Slika 2. Prikaz istraživanog područja sa prostornim rasporedom analiziranih predeonih sektora.

U istraživanom području dominiraju mala polja 0.66 ± 0.08 ha (prosečna veličina polja $\pm$ SE) sa ekstenzivnom poljoprivredom i proizvodnjom koja nije

orijentisana prema jasno određenom tržištu. Osnovni tip zemljišta u ovom delu Srbije je smeđe šumsko zemljište, sa dobro razvijenim površinskim horizontom koji je bogat organskim materijama i izložen umerenoj eroziji. Topografski, teren je nizijski sa blago zatalasanim reljefom i sa prosečnom nadmorskom visinom 149.12 ± 7.40 m (prosečna visina $\pm$ SE). Originalna vegetacija odgovara širokolisnim hrastovim šumama (Antonović et al. 1978). U ovom području tokom 19. veka desile su se znatne promene predela usled krčenja šuma i njihovog preobražaja u poljoprivredne površine (Aleksić & Vučićević 2006). Klima je umereno-kontinentalna, sa toplim letima i hladnim zimama. Tokom perioda istraživanja (6-12 jun 2012) prosečna temperatura je bila 22.9°C i ukupna količina padavina 34.4 mm (podaci iz Republičkog Hidrometeorološkog zavoda Srbije).

Analizirana polja bila su okružena predelima sa različitim udelom jednogodišnjih kultura, poluprirodne zeljaste vegetacije i žbunaste vegetacije. Polja su odabrana tako da reprezentuju široki gradijent definisan udelom jednogodišnjih kultura (od manje od 20% do više od 70%) u kružnom predeonom sektoru poluprečnika 500 m opisanog oko odabranih polja (Slika 3). Prethodnim istraživanjima je utvrđeno da je ova prostorna skala pogodna za proučavanje odgovora biljnih vašiju i njihovih prirodnih neprijatelja na kompleksnost predela (Chaplin-Kramer et al. 2011, Roschewitz et al. 2005, Schmidt et al. 2003, Schüepp et al. 2014). Od izdvojenih kategorija poluprirodnih staništa, u analize su uključeni procenat poluprirodne zeljaste vegetacije i žbunaste vegetacije u predelu, kako bi se utvrdio njihov nezavisni doprinos u objašnjenju varijanse ispitivanih zavisnih varijabli. Poluprirodna zeljasta vegetacija i žbunasta vegetacija su kategorije polu-prirodnih staništa, koje su bile dosledno zastupljene u istraživanom području (Tabela 3) i predstavljaju značajna staništa za mnoge vrste prirodnih neprijatelja (Alignier et al. 2014). Među odabranim predelima procenti površina pod jednogodišnjim kulturama, poluprirodnom zeljastom vegetacijom i žbunjacima nisu uzajamno korelisni (Tabela 4). Podaci o izdvojenim kategorijama predeonih elemenata prikupljeni su vizuelnom inspekcijom ortofoto snimaka (izvor: GoogleEarth i Direkcija za izgradnju, urbanizam i građevinsko zemljište Smederevo JP) i kvantifikovani za svaki predeo upotrebom programa Geomedia Professional 6.1. U svakom predelu, polja su odabrana tako da budu prostorno bliska: prosečno rastojanje

između polja unutar predela bilo je 160.74 ± 14.36 m (prosečno rastojanje $\pm$ SE). Istraživanjem je obuhvaćeno ukupno 45 polja (tri tipa staništa po predelu), pri čemu su 4 polja naknadno isključena iz daljih analiza zbog primene insekticida i košenja. Odabrana polja se nisu razlikovala u pogledu veličine: prosečna veličina polja pšenice 0.7 ha (opseg: 0.24 –1.22 ha), prosečna veličina polja lucerke 0.75 ha (opseg: 0.20–2.31 ha) i prosečna veličina utrina 0.53 ha (opseg: 0.13–2.23 ha).

Tipovi analiziranih staništa razlikuju se u pogledu intenziteta antropogenog remećenja, idući od polja ozime pšenice (jednogodišnja monokultura tretirana herbicidima) preko polja lucerke (višegodišnja monokultura bez primene herbicida, sa periodičnim košenjem) do utrina (napuštena poljoprivredna polja starija od 5 godina). Iako periodično košena, polja lucerke, nasuprot poljima pšenice, nisu bila izložena mehaničkoj obradi i primeni herbicida, i u tom slučaju korovske biljke mogu da pruže dodatne resurse prirodnim neprijateljima kao što su nektar, polen i alternativni plen ili domaćina. Sva polja lucerke uključena u istraživanje bila su starija od dve godine, dok su utrine birane tako da ne budu mlađe od 5 godina, kako bi se izbegla variabilnost u podacima usled različite starosti polja. Od svih odabranih polja, 3 polja lucerke su bila tretirana insekticidima i u svakom od tih slučajeva tretman je primenjen najmanje mesec dana pre uzorkovanja. Kontrola u pogledu primene đubriva nije bila moguća u poljima pšenice, kao ni u poljima lucerke.

a)

b)



Kategorije tipova parcela
uključenih u istraživanje:

- Jednogodišnje kulture
- Livade
- Žbunasta vegetacija

Slika 3. Prikaz gradijenta koji predstavlja udeo jednogodišnjih kultura (a) od manje od 20% i (b) više od 70% u krugu prečnika 1000 m opisanog oko odabranog polja.

Tabela 3. Procenat različitih tipova pokrivača u proučavanim predelima unutar kruga poluprečnika 500 m opisanog oko odabranih polja:

Predeo	Jednogodišnje kulture	Šume	Žbunjaci	Poluprirodna zeljasta vegetacija	Voćnjaci	Višegodišnji usevi	Urbane površine
P1	0,147	0,501	0,135	0,142	0,161	0,020	0,000
P2	0,301	0,023	0,312	0,233	0,160	0,091	0,060
P3	0,374	0,012	0,122	0,200	0,294	0,336	0,060
P4	0,293	0,053	0,220	0,147	0,588	0,071	0,000
P5	0,422	0,033	0,121	0,186	0,458	0,059	0,012
P6	0,196	0,149	0,090	0,405	0,315	0,069	0,000
P7	0,755	0,004	0,043	0,084	0,038	0,134	0,067
P8	0,702	0,000	0,011	0,233	0,027	0,102	0,000
P9	0,583	0,027	0,087	0,072	0,398	0,125	0,000
P10	0,389	0,132	0,124	0,159	0,090	0,255	0,102
P11	0,361	0,245	0,089	0,089	0,368	0,096	0,042
P12	0,447	0,000	0,166	0,118	0,502	0,127	0,009
P13	0,431	0,098	0,101	0,118	0,256	0,320	0,011
P14	0,502	0,023	0,130	0,137	0,093	0,169	0,190
P15	0,315	0,116	0,123	0,133	0,538	0,174	0,019

Tabela 4. Vrednosti Spirmanovog koeficijenta korelacije između predeonih varijabli za područje okoline Smedereva. Korelacioni koeficijenti uključeni u listu modela kandidata su boldovani.

	Jednogodišnje kulture	Šume	Žbunjaci	Poluprirodna zeljasta vegetacija	Voćnjaci	Višegodišnji usevi	Urbane površine
Jednogodišnje kulture	1,00						
Šume	-0,72	1,00					
Žbunjaci	-0,50	0,09	1,00				
Poluprirodna zeljasta vegetacija	-0,45	0,05	0,21	1,00			
Voćnjaci	-0,42	0,24	0,31	-0,23	1,00		
Višegodišnji usevi	0,36	-0,27	-0,01	-0,22	-0,19	1,00	
Urbane površine	0,19	-0,10	0,20	-0,09	-0,37	0,55	1,00

3.1.2 Metodologija uzorkovanja

Brojnost biljnih vašiju je određivana je jedanput u svakom od 45 odabranih polja metodom prebrojavanja svih jedinki na biljkama u pet kvadrata površine 1 m^2 , duž transekta unutar polja na udaljenosti od 10 m u odnosu na ivicu polja i sa rastojanjem od 10 m između odabranih kvadrata. U poljima pšenice i lucerke, brojnost vašiju je određivana prebrojavanjem svih jedinki (uključujući mumije) na slučajnom uzorku od 20 stabljika u svakom kvadratu. Broj biljaka po kvadratu je takođe zabeležen. U utrinama, svaka biljka u okviru kvadrata je pažljivo pregledana i brojnost biljnih vašiju i mumija zabeležena. Mortalitet biljnih vašiju usled parazitiranosti je kvantifikovan kao odnos mumifikovanih vašiju prema ukupnom broju vašiju na biljkama (uključujući i mumije).

Mortalitet parazitoida usled hiperparazitizma je kvantifikovan kao odnos izleglih hiperparazitoida prema svim izleglim parazitoidima (primarni parazitoidi + hiperparazitoidi). Sve prebrojane vaši i mumije su sakupljene u plastične kutije i pokrivene finom tkaninom radi mumifikacije i kasnije identifikacije parazitoida. Za analizu bogatstva vrsta primarnih parazitoida i hiperparazitoida dodatno je sakupljeno 100 mumija u polju pšenice i lucerke, koje su odgajane u laboratoriji do izleganja adulta parazitoida i hiperparazitoida. U utrinama nije bilo moguće sakupiti 100 mumija po polju u trenutku uzorkovanja, ali je dovoljno veliki broj mumija (u proseku 133 mumija po polju) prikupljen odgajanjem sakupljenih vašiju i mumija u laboratoriji. Radi poređenja između različitih tipova staništa, brojnosti biljnih vašiju su izražene po 1 m^2 . U svakom polju uzeta je srednja vrednost poduzoraka kako bi se izbegao problem nula u pojedinim slučajevima. Takođe, za svaki tip staništa (pšenica, lucerka, utrina) urađeni su fitocenološki snimci inspekcijom biljaka u pet nasumično odabranih kvadrata površine 1 m^2 . Podaci o florističkom sastavu fitocenoza i kvantitativnom učešću svake biljne vrste su prikupljeni fitocenološkim snimanjem po metodi BRAUN-BLANQUET-a. Pregled registrovanih biljnih vrsta i fitocenološki snimci za sva tri tipa polja je dat u Prilogu (Lista 1).

Predatori biljnih vašiju (Coccinellidae, Hemiptera, Syrphidae) su sakupljeni metodom košenja korišćenjem entomološke mreže sa obodom prečnika 38 cm. Košenje je vršeno u centru polja duž transektu koji se sastojao od 80 koraka sa po jednim otkosom pri svakom koraku (ukupno 80 otkosa). Nakon svakih 20 otkosa mreža je praznjena i svi poduzorci u polju su združeni i insekti su odmah ubijeni etil-acetatom. Svi insekti su identifikovani do nivoa vrste (Prilog: Lista 2, Lista 3, Lista 4, Lista 5, Lista 6, Lista7), međutim Syrphidae su isključene iz daljih analiza usled veoma niskih brojnosti (sakupljeno je ukupno 23 jedinke u svih 45 odabranih polja, Prilog Lista7).

Period uzorkovanja (6-12. jun) je odabran tako da odgovara periodu nakon glavne reprodukcije vašiju u poljima pšenice, fazi formiranja mlečnog zrna (Thies et al. 2005) i fazi pupoljka lucerke, koja prethodi košenju polja (Katić et al. 2004). Interval uzorkovanja je odabran tako da bude što kraći kako bi se vršilo poređenje između različitih tipova staništa i izbegao efekat promena tokom vremena u sastavu i brojnosti vrsta. Posledično, rezultati istraživanja su ograničeni na period uzorkovanja kao i na područje istraživanja.

3.1.3 Statistička obrada

U statističkoj obradi podataka korišćeni su modeli mešovitih efekata i informaciono-teoretski pristup (engl. “*information-theory approach*”) kako bi se utvrdilo da li se brojnost i bogatstvo vrsta biljnih vašiju i njihovih prirodnih neprijatelja (Coccinellidae, Hemiptera, Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae), primarni parazitizam i hiperparazitizam razlikuju između tri tipa staništa i da li imaju različiti odgovor u odnosu na zastupljenost različitih tipova staništa u predelu.

Tip staništa (3 nivoa: pšenica, lucerka, utrina) i interakcije između tipa staništa i predeonih parametara su korišćeni kao prediktori. Predeli su odabrani duž gradijenta udela jednogodišnjih kultura u predelu, koji se često koristi kao mera kompleksnosti predela (Roschewitz et al. 2005, Thies et al. 2005, Vollhardt et al. 2008), a, takođe, omogućuje poređenje sa rezultatima prethodnih studija. Kako bi se utvrdio nezavisni doprinos dominantnih polu-prirodnih staništa u objašnjenju zavisnih varijabli (brojnost i

bogatstvo vrsta biljnih vašiju i njihovih prirodnih neprijatelja, primarni parazitizam i hiperparazitizam), uzeti su u obzir i procenat žbunaste vegetacije i travnih površina (uglavnom utrine) u predelima. Identitet predela je uključen u modele kao slučajan efekat, kako bi se uračunala činjenica da je u svakom predelu uzorkovanje vršeno više puta.

Brojnost biljnih vašiju i prirodnih neprijatelja (Coccinellidae i Heteroptera), primarni parazitizam i hiperparazitizam su analizirani korišćenjem generalnih linearnih modela mešovityh efekata (eng. *general linear mixed effects models*). Bogatstvo vrsta je analizirano korišćenjem generalizovanih modela mešovityh efekata (eng. *generalized linear mixed effects models*) sa Posson-ovom raspodelom. Brojnosti Coccinellidae i Hemiptera su $\log(x+1)$ -transformisane, a stope primarnog parazitizma su $\arcsin\sqrt{x}$ -transformisane kako bi se zadovoljio uslov normalnosti i homogenosti reziduala (Bolker et al. 2009). U modelima, koji se odnose na primarni parazitizam i hiperparazitizam, primenjena je varIdent struktura varijanse (weights = varIdent (form= ~ 1 |tip staništa)) kako bi se obezbedila homogenost reziduala. Kontinualne varijable su centrirane radi bolje interpretacije regresionih koeficijenata i smanjenja multikolinearnosti (Aiken & West 1991, Schielzeth 2010). Prisustvo prostorne autokorelacije je provereno primenom Moran I testa za sve modele (Legendre & Legendre 2012). Analizama je utvrđeno da ne postoji problem prostorne autokorelacije među rezidualima modela.

Konstruisano je 14 modela na osnovu tipa staništa i odabranih predeonih parametara sa restrikcijom da modeli sa procentom jednogodišnjih kultura ne uključuju druge dve predeone varijable (Tabela 5). Ovim ograničenjem *faktor preuveličavanja varijanse* (VIF) (eng. *variance inflation factor*) za prediktorske varijable u svim modelima je održavan znatno ispod 5 (Zuur et al. 2009). Set modela kandidata je odabran prateći preporuke Werling et al. (2011) i Gruber et al. (2011). Selekcija modela je izvršena na osnovu Akaikeovog informacionog kriterijuma (AICc) (eng. *Akaike's Information Criterion*) sa korekcijom za malu veličinu uzorka. Alternativni modeli su rangirani na osnovu verovatnoće modela (w_i) (engl. *Akaike weights*) (Burnham & Anderson 2002). U slučaju da jedan model ima snažnu podršku (n.pr., $w_i > 0.90$) zaključci o efektima su zasovani na tom modelu. Međutim, ukoliko nijedan model nije

bio superioran u odnosu na ostale, koeficijenti za svaku prediktorsku varijablu su dobijeni na osnovu seta konkurentnih modela procedurom uprosečavanja modela (eng. *model averaging procedure*) (Burnham & Anderson 2002). Modeli su provereni kako bi se utvrdilo potencijalno prisustvo “lažnih varijabli” (eng. *pretending variables*) (neinformativne varijable koje su selektovane jer se nalaze u okviru “dobrih” modela; ove varijable snose samo malu ”kaznu” za dodatni parameter, ali ne poboljšavaju fit modela). Dodatno, korišćen je odnos verovatnoća modela (eng. *evidence ratio*) na osnovu kojeg su selektovani kandidati među modelima (kriterijum: evidence ratio ≥ 4) i koeficijent determinacije (r^2), koji predstavlja meru varijanse objašnjene modelom (Anderson 2001, Burnham & Anderson 2001). Usled veoma niskog bogatstva vrsta predatorskih Hemiptera u poljima lucerke i u utrinama, kao i skoro potpunog odsustva u poljima pšenice, nije bilo moguće uraditi selekciju modela za ovu zavisnu varijablu samostalno, pa su analizirane zbirno sa bubamarama. Prateći preporuke za teoretsko-informacioni pristup (Anderson 2001, Mundry 2011) prijavljene su p-vrednosti sa procenom parametara i intervalima poverenja za svaku eksplanatornu varijablu. Za post-hoc poređenje među staništima korišćen je t-test za višestruku komparaciju sa Hochberg korekcijom p-vrednosti. U analizama su korišćeni sledeći paketi: ‘lme4’ (verzija 1.0.5), ‘nlme’ (verzija 3.1.109), ‘AICcmodavg’ (verzija 1.35) and ‘MuMIn’ (verzija 1.9.13) u statističkom programu R (verzija 3.0.2, 2013).

Prediktorske varijable uključuju kategoričku varijablu stanište (H - habitat) sa tri nivoa (pšenica (H_P), lucerka (H_L) i utrina (H_U)) i procenat jednogodišnjih kultura (P_{JK}), žbunaste vegetacije ($P_{ŽV}$) i poluprirodne zeljaste vegetacije (P_{ZV}) u predelu od 1 km oko mesta uzorkovanja. Samo interakcije između staništa (H) i predeonih varijabli (P_{JK} , $P_{ŽV}$, P_{ZV}) su uključene u modele ($H \times P_{JK}$, $H \times P_{ŽV}$, $H \times P_{ZV}$).

Tabela 5. Lista modela kandidata za utvrđivanje značaja tipa staništa (H) i predeonih varijabli (P_{JK} , $P_{\check{Z}V}$, P_{ZV}) za brojnosti biljnih vašiju, bubamara i predatorskih stenica, primarnog parazitizma i hiperparazitizma i bogatstva vrsta svih grupa organizama.

1	Model0	Intercept samo
2	Model1	H
3	Model2	P_{JK}
4	Model3	$P_{\check{Z}V}$
5	Model4	P_{ZV}
6	Model5	$P_{\check{Z}V} + P_{ZV}$
7	Model6	$H + P_{JK}$
8	Model7	$H + P_{\check{Z}V}$
9	Model8	$H + P_L$
10	Model9	$H + P_{\check{Z}V} + P_{ZV}$
11	Model10	$H + P_{JK} + H \times P_{JK}$
12	Model11	$H + P_{\check{Z}V} + H \times P_{\check{Z}V}$
13	Model12	$H + P_{ZV} + H \times P_{ZV}$
14	Model13	$H + P_{JK} + P_{ZV} + H \times P_{JK} + H \times P_{ZV}$

3.2 Predeono-ekološka studija 2: područje Pančevačkog rita

3.2.1 Dizajn istraživanja i karakteristike istraživanog područja

Predeono-ekološko istraživanje na području Pančevačkog rita je sprovedeno tokom dve uzastopne godine (2010, 2011) (Slika 4). Tokom obe godine istraživanja, u poljima lucerke su uzorkovane biljne vaši i njihovi parazitoidi (parazitske Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) u dve fenofaze lucerke (faza ranog i kasnog pupoljka) i tokom 3 sezone (proleće, leto, jesen), u ukupno 12 poljoprivrednih predela (Slika 4).

Pančevački rit se nalazi u jugozapadnom delu Banata između 44°50' i 45°06' severne geografske širine i 20°17' i 20°38' istočne geografske dužine [površina područja 378.6 km², nadmorska visina 69.5-79 m] (Šabić et al. 2010). U prvoj polovini XX veka, Pančevački rit je isušivanjem močvarnog terena i konstrukcijom brana i sistema za melioraciju pretvoren u jedno od najznačajnijih poljoprivrednih područja Srbije (Šabić et al. 2010). Nalazi se između reke Dunav na jugu i zapadu, reke Tamiš na istoku i kanala „Karaš“ kod sela Čente na severu (Šabić et al. 2010, Zevenbergen et al. 2010). Područje Pančevačkog rita se odlikuje umereno-kontinentalnom klimom, dok je osnovni tip zemljišta ovog područja aluvijum (Vidojević 2001). Poljoprivredna korporacija „Beograd“ gazduje sa oko 81 % [30.500 ha] zemljišnih površina u okviru Pančevačkog rita, od čega 20.500 ha čine obradive površine namenjene ratarstvu (http://pkb.rs/resursi_1.htm). Ostale površine čine pašnjaci (212 ha), šume (5,569 ha), trskaši i bare (37 ha) i nepoljoprivredno zemljište (1,283 ha) (Vidojević 2001).

Lucerka je jedna od najznačajnijih krmnih biljaka u Srbiji, i u čistim zasadima se gaji na oko 200.000 ha površine, što predstavlja oko 4% ukupne površine poljoprivrednog zemljišta u Srbiji (Đukić et al. 2007). Lucerka predstavlja višegodišnji usev, koji je periodično remećen košenjem, najčešće 4 puta tokom godine. Na lucerki u Srbiji zabeležene su tri vrste biljnih vašiju do sada: zelena lucerkina vaš, *Acyrtosiphon pisum* (Harris), crna lucerkina vaš, *Aphis craccivora* Koch i *Therioaphis trifolii* (Monell) (Tanasijević 1966, Tomanović et al. 1996, Žikić et al. 2012). Ove biljne vaši

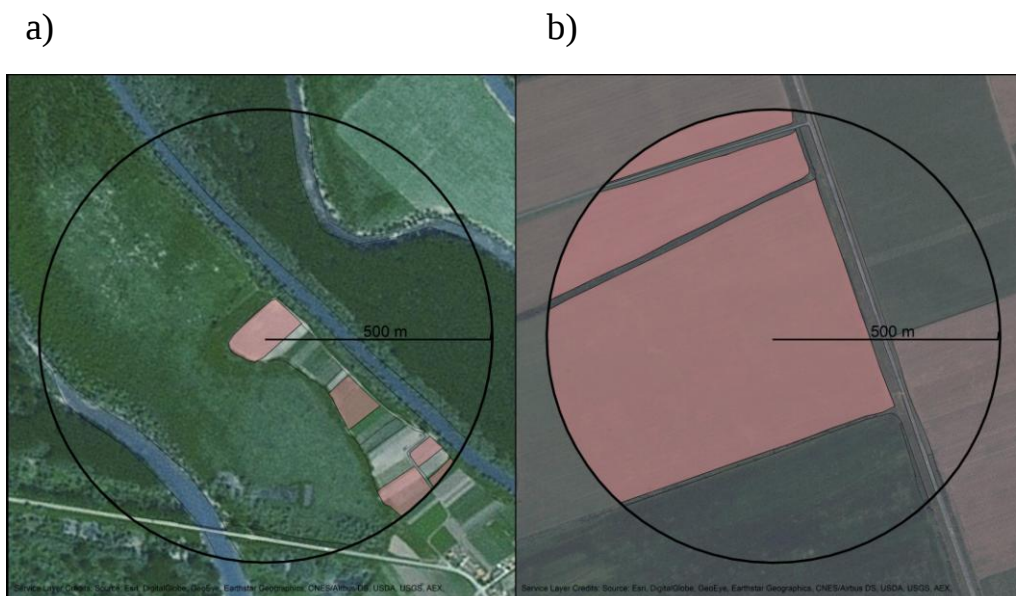
se odlikuju potpuno odvojenim kompleksima primarnih parazitoida (Tomanović et al. 1996).

Svako polje lucerke se nalazilo u centru kružnog predeonog sektora poluprečnika 500 m. Prostorna skala je odabrana po uzoru na prethodne studije u kojima je uočen efekat predeonih parametara na biljne vaši i njihove prirodne neprijatelje (Roschewitz et al. 2005, Schmidt et al. 2003, Chaplin-Kramer et al. 2011, Schüepp et al. 2014). Predeli su odabrani tako da se međusobno prostorno ne preklapaju, čime je izbegnut problem prostorne autokorelacije. Tokom 2010. godine, na osnovu udela poluprirodnih staništa (poluprirodna zeljasta vegetacija, šume, žbunjaci) u predelu izdvojene su dve kategorije predela: jednostavni predeli (n=6) sa manje od 20% poluprirodnih staništa i kompleksni predeli (n=6) sa više od 40% poluprirodnih staništa. Sva polja lucerke obuhvaćena istraživanjem su bila starija od dve godine. Kontrola u pogledu primene đubriva i pesticida nije bila moguća.

Tokom 2011. godine, polja uključena u istraživanje su pripadala predelima koji su se odlikovali jasnim gradijentom u pogledu udela lucerke (opseg od 3,44 % do 53, 43 %) u krugu prečnika 1000 m opisanog oko odabranih polja lucerke (Slika 5). Među odabranim predelima kategorije predeonih elemenata nisu bile uzajamno korelisne (Tabela 6). Procenat lucerke u odabranim predelima nije bio korelisan sa diverzitetom staništa niti drugim odabranim kategorijama u predelu. Podaci o izdvojenim kategorijama predeonih elemenata su prikupljeni vizuelnom inspekcijom ortofoto snimaka (izvor: GoogleEarth) i kvantifikovani za svaki predeo upotrebom programa GeomediaProfessional 6.1. Istraživanjem je obuhvaćeno ukupno 12 polja lucerke i sva su bila starija od dve godine. Kontrola u pogledu primene đubriva i pesticida nije bila moguća. Odabrana polja lucerke su se razlikovala u pogledu veličine (opseg: 0.43 – 31.20 ha), ali veličina polja nije imala efekat na ispitivane zavisne varijable.



Slika 4. Uporedni prikaz prostornog rasporeda odabranih polja lucerke na području Pančevačkog rita za 2010 i 2011. godinu. (izvor: GoogleEarth). Plavom bojom su obeležena polja lucerke u kompleksnom okruženju, a žutom bojom polja lucerke u jednostavnom okruženju.



Slika 5. Prikaz gradijenta koji predstavlja udeo lucerke (a) od manje od 4% i (b) više od 50% u krugu poluprečnika 500 m opisanog oko odabranog polja.

Tabela 6. Vrednosti Spirmanovog koeficijenta korelacije između predeonih varijabli za područje Pančevačkog rita. Korelacioni koeficijenti između procenta površina pod lucerkom u predelu i ostalih predeonih komponenti su boldovani.

	Jednogodišnje kulture	Lucerka	Žbunjaci	Livade	Šume	Shannon Index
Jednogodišnje kulture	1,00					
Lucerka	-0,01	1,00				
Žbunjaci	0,31	-0,29	1,00			
Livade	0,02	-0,40	0,43	1,00		
Šume	-0,77	-0,25	-0,27	-0,10	1,00	
Shannon Index	-0,08	-0,26	0,58	0,70	0,08	1,00

3.2.2 Metodologija uzorkovanja

Brojnost biljnih vašiju je određivana je u svakom polju tokom tri aspekta vegetacione sezone (proleće, rano leto, jesen) u dve fenofaze lucerke (rani i kasni pupoljak) na uzorku od 100 stabljika. Uzorkovanje je vršeno na pet poduzoraka od 20 nasumično odabranih biljaka duž transekta unutar polja na udaljenosti od 20 m u odnosu na ivicu polja i sa rastojanjem od 20 m između odabranih poduzoraka. Jasno odabrane fenofaze biljke (rani i kasni pupoljak) omogućuju da uzorkovanje u svim poljima lucerke bude što je moguće bolje standardizovano. Sve prebrojane vaši i mumije su sakupljene u plastične kutije i pokrivene finom tkaninom radi mumifikacije i kasnije identifikacije parazitoida i procene stope parazitizma.

Mortalitet biljnih vašiju usled parazitiranosti je kvantifikovan kao odnos mumifikovanih vašiju prema ukupnom broju vaši na biljkama (uključujući i mumije) (Tomanović et al. 1996). Za analizu bogatstva vrsta primarnih parazitoida i hiperparazitoida dodatnih sat vremena su sakupljane mumije ili dok nije sakupljeno 100 mumija u polju lucerke. Sakupljene mumije su odgajane u laboratoriji do izleganja adulta parazitoida i hiperparazitoida, a zatim je izvršena njihova identifikacija (Rakhshani et al. 2005; Kavallieratos et al. 2005; Tomanović et al. 2003, 2009; Ferre-Suay et al. 2013).

3.2.3 Statistička obrada

Zbog nepredviđenih košenja tokom prve godine istraživanja za najveći deo podataka iz 2010. godine bilo je moguće uraditi deskriptivnu i neparametarsku analizu. Međutim, u analizi brojnosti biljnih vašiju korišćeni su generalni linearni modeli mešovitih efekata (eng. *general linear mixed effects models*) sa dva fiksna kategorička faktora (sezona i tip predela) i jednim slučajnim faktorom (odabrana polja) (engl. *random effect*). Podaci prikupljeni u dve odabrane fenofaze biljke za svako polje lucerke su sumirani i uprosečeni po vrstama, kako bi se izbegao problem pseudoreplikacije i isključio efekat fenofaze lucerke, koji nije mogao da se analizira zbog nepredviđenih košenja. Usled prisustva nebalansiranog dizajna za donošenje

zaključaka o efektima fiksnih faktora korišćen je tip III ANOVA (marginal type Anova) (Quinn & Keough 2002). *A. craccivora* je bila veoma slabo prisutna (nađeno je ukupno 24 jedinke u sve tri sezone i svih dvanaest predela), nijedna jedinka nije bila parazitirana i zbog toga je ova vrsta isključena iz daljih analiza. Brojnosti biljnih vašiju (biljne vaši sumarno, *A. pisum* i *T. trifolii*) su $\log(x+1)$ -transformisane kako bi se zadovoljio uslov normalnosti raspodele. *A. craccivora* nije uključena u analizu ukupne brojnosti biljnih vašiju, jer je za razliku od druge dve vrste manje specijalizovana u pogledu biljke domaćina i ne očekuje se da ima isti odgovor na odabrane karakteristike predela kao druge dve vrste. U slučaju primarne parazitiranosti biljnih vašiju (ukupna parazitiranost, parazitiranost *A. pisum*, parazitiranosti *T. trifolii*) korišćen je neparametarski BDM.2way test kako bi se testirao interaktivni efekat sezone i predela (Brunner et al. 1997, Wilcox 2005). Ovaj neparametarski test, pored toga što je u velikoj meri robustan u odnosu na nenormalnost podataka i prisustvo heteroskedastičnosti, omogućuje testiranje ne samo glavnih efekata dva faktora, već i njihove interakcije. U modelima za brojost primenjena je *varIdentvariance* struktura ($\text{weights} = \text{varIdent}(\text{form}=\sim 1|\text{Sezona})$) kako bi se obezbedila homogenost reziduala. Za post-hoc poređenje srednjih vrednosti brojnosti biljnih vašiju korišćen je t-test za višestruku komparaciju sa Hochberg korekcijom p-vrednosti, dok je u slučaju stope parazitizma korišćen je neparametarski Kruskal-Wallis test za višestruku komparaciju (Kutner et al. 2005). Urađena je komparativna deskriptivna analiza bogatstva i brojnosti vrsta primarnih parazitoida za vrste biljnih vašiju, po sezonama i u odnosu na tip predela na ukupnom uzorku prikupljenom tokom 2010. godine. Sve analize su urađene u statističkom programu R (verzija 3.0.2, 2013 i verzija 3.2.2, 2015).

U statističkoj obradi podataka iz 2011. godine korišćeni su modeli mešovitih efekata kako bi se utvrdilo da li se brojnost vrsta biljnih vašiju i primarni parazitizam zavise od udela lucerke u predelu i diverziteta predela, kao i da li taj uticaj zavisi od sezonskog aspekta (proleće, rano leto i jesen).

Sezonski aspekt (proleće, rano leto, jesen) i interakcije sa predeonim parametrima (udeo lucerke u predelu, Shannon index diverziteta) su korišćeni kao prediktori. Predeli su odabrani duž gradijenta udela lucerke u predelu, zbog

pretpostavke da zastupljenost lucerke u predelu može uticati na dinamiku biljnih vašiju (*A. pisum* i *T. trifolii*) i njihovih primarnih parazitoida, jer su visoko specijalizovani u pogledu svojih domaćina. Sa druge strane, prisustvo *A. craccivora* i njenih parazitoida, koji su generalisti, ne bi trebalo da zavise od tog predeonog elementa, već od diverziteta okolnog predela. Procenat lucerke u predelu i Shannon idex diverziteta predela nisu bili međusobno korelisani, pa je bilo moguće testirati njihov nezavisni uticaj na ispitivane varijable (Tabela 6). Identitet polja je uključen u modele kao slučajni faktor kako bi se uračunala činjenica da je u svakom polju uzorkovanje vršeno više puta.

Brojnost biljnih vašiju, primarni parazitizam su analizirani korišćenjem generalnih linearnih modela mešovutih efekata (eng. *general linear mixed effects models*). Brojnosti biljnih vašiju su $\log(x+1)$ -transformisane, a stope primarnog parazitizma su $\arcsin\sqrt{x}$ -transformisane kako bi se zadovoljio uslov normalnosti i homogenosti reziduala (Bolker et al. 2009). U modelima je primenjena varPower struktura (`weights = varPower()`) kako bi se obezbedila homogenost reziduala. Kontinualne varijable su centrirane radi bolje interpretacije regresionih koeficijenata i smanjenja multikolinearnosti (Aiken & West 1991, Schielzeth 2010). Primenom Moran I testa utvrđeno je da ne postoji problem prostorne autokorelacije (Legendre & Legendre 2012). Za post-hoc poređenje među srednjim vrednostima je korišćen je t-test za višestruku komparaciju sa Hochberg korekcijom p-vrednosti i neparametarski Kruskal-Wallis test za višestruku komparaciju (Kutner et al. 2005). Urađena je komparativna deskriptivna analiza bogatstva i brojnosti vrsta primarnih parazitoida i hiperparazitoida za vrste biljnih vašiju po sezonama i dat je pregled trofičkih interakcija u sistemu biljka domaćin-biljna vaš-primarni parazitoid-hiperparazitoid na materijalu prikupljenom tokom 2011. godine. Podaci su analizirani korišćenjem statističkog programa R (verzija 3.2.2, 2015).

3.3 Taksonomsko-faunistička studija

Molekularne analize

Molekularna karakterizacija različitih fenotipova vrste *Aphidius eadyi* izvršena je na osnovu DNK sekvenci 11 jedinki (6 - *Aphidius* cf. *eadyi* i 5 - *Aphidius eadyi*). Primerci su naknadno izdvojeni iz materijala sakupljenog tokom predeono-ekoloških istraživanja u različitim poljima lucerke (Tabela 7). U molekularne analize uključene su i sekvence drugih vrsta roda *Aphidius*, preuzete iz banke gena (GenBank), dok je kao autgrup korišćena sekvenca vrste *Ephedrus blattnyi* Stary 1973 (Tabela 7).

Tabela 7. Pregled jedinki *Aphidius eadyi* korišćenih u molekularnim analizama. Sa *Aphidius* cf. *eadyi* su obeleženi primerci koji su imali žut fenotip.

Šifra uzorka	Lokalitet	Biljka	Vaš	Parazitoid
AE 11/2	Preliv	<i>Medicago sativa</i>	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	<i>Aphidius eadyi</i>
AE 12/1	Dunavac	<i>Medicago sativa</i>	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	<i>Aphidius</i> cf. <i>eadyi</i>
AE 12/2	Dunavac	<i>Medicago sativa</i>	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	<i>Aphidius</i> cf. <i>eadyi</i>
AE 1/1	Umčari	<i>Medicago sativa</i>	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	<i>Aphidius eadyi</i>
AE 1/3	Umčari	<i>Medicago sativa</i>	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	<i>Aphidius eadyi</i>
AE 2/1	Malo Orašje	<i>Medicago sativa</i>	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	<i>Aphidius</i> cf. <i>eadyi</i>
AE 2/2	Malo Orašje	<i>Medicago sativa</i>	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	<i>Aphidius eadyi</i>
AE 2/3	Malo Orašje	<i>Medicago sativa</i>	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	<i>Aphidius eadyi</i>
AE 3/1	Živkovac	<i>Medicago sativa</i>	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	<i>Aphidius</i> cf. <i>eadyi</i>
AE 3/2	Živkovac	<i>Medicago sativa</i>	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	<i>Aphidius</i> cf. <i>eadyi</i>
AE 3/3	Živkovac	<i>Medicago sativa</i>	<i>Acyrtosiphon pisum</i>	<i>Aphidius</i> cf. <i>eadyi</i>
JX507431	UK,Berkshire			<i>Aphidius eadyi</i> *
JN164746				<i>Aphidius uzbekistanicus</i> *
JN164753				<i>Aphidius rhopalosiphi</i> *
KJ615370				<i>Aphidius colemani</i> *
KJ615368				<i>Aphidius transcaspicus</i> *
JN164786				<i>Ephedrus blattnyi</i> *

*uzorci preuzeti iz GenBank

Ekstrakcija DNK

Ekstrakcija DNK iz svake jedinke izvršena je pomoću KAPA Express Extract Kit-a po neinvazivnom protokolu:

- 2 μ l KAPA Express Extract enzima, 10 μ l 10x KAPA Express Extract pufera, i 38 μ l H₂O (molecular biology grade) je pomešano u PCRTubici od 0,2 ml.
- Na sterilno predmetno staklo osa je postavljena na bok i sterilisanom entomološkom iglom napravljeno je nekoliko perforacija na toraksu ose. Ovaj korak je vršen pod binokularnom lupom (Karl Zeiss, Discovery V8).
- Nakon toga osa je ubačena u tubicu sa miksom za ekstrakciju i sve je izvorteksovano.
- Između svake dve ose entomološka igla je sterilisana na plamenu.
- Tubice su stavljene u Termocycler (Eppendorf Mastercycler[®]) i uključen je protokol za ekstrakciju po uputstvu proizvođača: 75°C → 10 min, 95°C → 5 min.
- Kada je protokol ekstrakcije završen tubice su dobro izvorteksovane i iscentrifugirane 1 min na maksimalnom broju obrtaja.
- Pomoću filter-tipsa supernatant (u kome je rastvorena DNK) je prebačen u tubice od 1,5 ml i takva DNK je ili direktno korišćena u PCR reakcijama ili čuvana u zamrzivaču na -20°C.

Da bi se eliminisala mogućnost kontaminacije, prilikom ekstrakcije korišćena je negativna kontrola: dodatna tubica sa svim reagensima potrebnim za ekstrakciju u koju je umesto uzorka uronjena igla za maceraciju jedinki prethodno sterilisana po proceduri primenjenoj za standardnu sterilizaciju između uzoraka. Uspešnost ekstrakcije DNK proveravana je pomoću horizontalne elektroforeze. Na 1% agarozni gel pušteno je po 5 μ l svakog uzorka. Gel je obojen Midori green (Nippon Genetics) bojom a vizuelizacija uzoraka je izvršena pod UV transiluminatorom. Na gel je pored uzoraka puštena i negativna kontrola kako bi se proverila sterilnost ekstrakcije tj. odsustvo ili prisustvo kontaminacije. Nadalje sa negativnim kontrolama je postupano isto kao i sa uzorcima, da bi se eliminisala eventualna nova kontaminacija.

Lančana reakcija polimeraze (PCR), prečišćavanje i sekvenciranje DNK

Molekularna karakterizacija različitih fenotipova vrste *Aphidius eadyi* izvršena je analizom parcijalnih sekvenci gena za subjedinicu I citohrom c oksidaze (COI). Barkoding region COI gena je umnožen pomoću prajmera:

LCO1490 (5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3')

HCO2198 (5' - TAAACTTCAGGCTGACCAAAAAATCA-3') (Folmer et al.1994).

PCR amplifikacija DNK je urađena u zapremini od 40 µl, koja sadrži 2 µl ekstrahovane DNK, 23,6 µl vode, 4 µl pufera (High Yield Reaction Buffer A), 3,6 µl MgCl₂ (2,25 mM), 2,4 µl nukleotida (dNTP, 0,6 mM), po 2 µl svakog prajmera (0,5 µM), 0,4 µl KAPA TaqDNA polimeraze (0,1U/µl) (Kapa Biosystems Inc., Boston, MA). Amplifikacija je vršena u Eppendorf Mastercycler[®] ep po sledećem protokolu: 1. inicijalna denaturacija 95°C 5 min; 2. denaturacija 94°C 1 min, 3. elongacija 54°C 1 min, 4. ekstenzija 72°C 1,5 min; 5. finalna ekstenzija 72°C 7 min, pri čemu su koraci 2-4 ponovljeni 35 puta. Nakon svakih 5 uzoraka korišćena je jedna negativna kontrola koja je sadržala sve komponente PCR miksa a umesto DNK stavljano je 2 µl vode.

Uspešnost amplifikacije proverena je horizontalnom elektroforezom. Po 5µl PCR produkta svakog uzorka (uključujući negativne kontrole) je pušteno na 1% agaroznom gelu obojenim Midori-greenom i vizualiziranim pod UV transiluminatorom. Prečišćavanje PCR produkata i reakcije sekvenciranja su urađene u MacroGen Inc. (Seoul, Korea). Amplifikovani barkoding region COI gena svakog uzorka je sekvenciran upotrebom LCO1490 *forward* prajmera.

Filogenetske analize

Dobijene sekvence su analizirane pomoću programa FinchTV[™] (dostupan na <http://www.geospiza.com/>). Poravnanje i međusobno poređenje sekvenci izvršeno je u programu CLUSTAL W inkorporiranom u MEGA 5 softverski paket (Tamura et al. 2011). Genetičke distance između analiziranih sekvenci su izračunate Kimurinim dvoparametarskim metodom (Kimura's two-parameter method - K2P). Rekonstrukcija

filogenetskih odnosa je izvršena upotrebom metoda: *Neighbour Joining* (NY), Maksimalne parsimonije (*Maximum parsimony* - MP) i Maksimalne sličnosti (*Maximum likelihood* - ML) inkorporiranih u program MEGA 5 (Tamura et al. 2011).

4. Rezultati

4.1 Predeono-ekološka studija 1: okolina Smedereva

4.1.1 Brojnost i bogatstvo vrsta biljnih vašiju

Brojnost biljnih vašiju po 1 m² u poljima pšenice je bila dva puta veća nego u poljima lucerke i više od tri puta veća nego u utrinama (srednja vrednost $\pm$ SE: polja žita (2913,39 $\pm$ 436,85), polja lucerke (1234,34 $\pm$ 273,26), utrine (828,32 $\pm$ 135,33)) (Slika 6). Za biljne vaši, model sa tipom staništa, procentom žbunaste vegetacije i njihovom interakcijom je imao veliku verovatnoću da bude izabran kao najbolji model (Akaike weights = 0,97) i imao je 44,63 puta veću podršku u poređenju sa drugim najbolje rangiranim modelom (evidence ratio = 0,97 / 0,02), dok je model sa tipom staništa, procentom jednogodišnjih kultura i njihovom interakcijom bio bez statističke podrške (Akaike weights = 0) (Tabela 8). Najbolji model je objasnio 68% varijabilnosti brojnosti biljnih vašiju. Procenat žbunaste vegetacije u predelu je imao snažan pozitivan efekat na brojnost biljnih vašiju u poljima pšenice (Tabela 9, Slika 7). Sa druge strane, nijedna odabrana kategorija staništa u predelu nije imala uticaj na brojnost biljnih vašiju u staništima sa manjim intenzitetom remećenja (polja lucerke i utrine).

Ukupno su zabeležene 2 vrste biljnih vašiju u poljima ozime pšenice (*S. avenae* i *M. dirhodum*), 3 vrste u poljima lucerke (*A. pisum*, *T. trifolii* i *A. craccivora*) i 43 vrste u utrinama (Prilog, Lista 2). Sastav vrsta biljnih vašiju u žitima je bio potpuno drugačiji u poređenju sa sastavom vrsta u poljima lucerke i utrinama, dok, su dve (*A. pisum*, *A. craccivora*) od tri zabeležene vrste u lucerki bile prisutne i u utrinama (Prilog, Lista 2). Prosečan broj vrsta biljnih vašiju u utrinama je bio četiri puta veći nego u žitima i tri puta veći nego u poljima lucerke (srednja vrednost $\pm$ SE: polja žita (1,92 $\pm$ 0,08), polja lucerke (2,85 $\pm$ 0,1) utrine (7,93 $\pm$ 0,55)) (Slika 6). Četiri modela kandidata su imala vrednost $\Delta AIC_C < 4$ i uzeti su u obzir kao kompetitivni modeli (suma AICc weights = 0,91) (Tabela 10). Nakon uklanjanja modela sa varijablama (engl. *pretending variables*) koje nisu dovele do povećanja “log-likelihood” modela sa najnižim ΔAIC_C , preostali najbolje rangirani model predviđa da bogatstvo vrsta biljnih vašiju zavisi samo od tipa staništa i da udeo odabranih kategorija staništa u predelu nema uticaj na ovu varijablu

(Tabela 11). Najbolje rangirani model je objasnio znatan deo varijanse u bogatstvu vrsta biljnih vašiju ($r^2 = 0,65$).

Tabela 8. Lista modela kandidata za brojnost biljnih vašiju korišćena u metodi zaključivanja korišćenjem većeg broja modela (engl. “multi model inference”) kao funkcija predeonih karakteristika i tipa staništa. Vrednosti konkurentnih modela ($\Delta AICc < 4.0$ od najbolje rangiranog modela) koji su korišćeni u metodi usrednjavanja modela (“model averaging”) su boldovani.

Model	K	AICc	$\Delta AICc$	$AICc(w_i)$	Cum(w_i)	ER	LL	r^2
1 H + P_{ZV} + H x P_{ZV}	8	684,01	0	0,97	0,97	1	-354,67	0,68
2 H + P _{JK} + P _{ZV} + H x P _{JK} + H x P _{ZV}	11	691,60	7,60	0,02	0,99	44,63	-343,18	0,70
3 H + P _{ZV}	6	694,54	10,54	0	0,99	194,12	-354,03	0,52
4 H + P _{JK} + H x P _{JK}	8	695,10	11,09	0	1	256,32	-353,90	0,57
5 H + P _{ZV} + P _{ZV}	7	696,47	12,46	0	1	508,64	-354,44	0,53
6 H	5	698,08	14,07	0	1	1134,95	-353,60	0,43
7 H + P _{JK}	6	698,25	14,25	0	1	1240,76	-341,89	0,47
8 H + P _L	6	700,26	16,25	0	1	3381,12	-340,04	0,44
9 H + P _{ZV} + H x P _{ZV}	8	705,29	21,28	0	1	41763,16	-342,89	0,45
10 Intercept samo	3	715,99	31,98	0	1	8798366	-339,54	0
11 P _{ZV}	4	716,92	32,91	0	1	14005820	-337,30	0,04
12 P _{JK}	4	717,18	33,17	0	1	15934920	-331,75	0,03
13 P _{ZV}	4	717,99	33,98	0	1	23933277	-342,39	0,01
14 P _{ZV} + P _{ZV}	5	718,91	34,90	0	1	37849894	-330,25	0,05

AICc - Akaike-ov informacioni kriterijum drugog reda

K – broj parametara

$\Delta AICc$ - Razlika između AICc vrednosti najbolje rankiranog modela i modela i

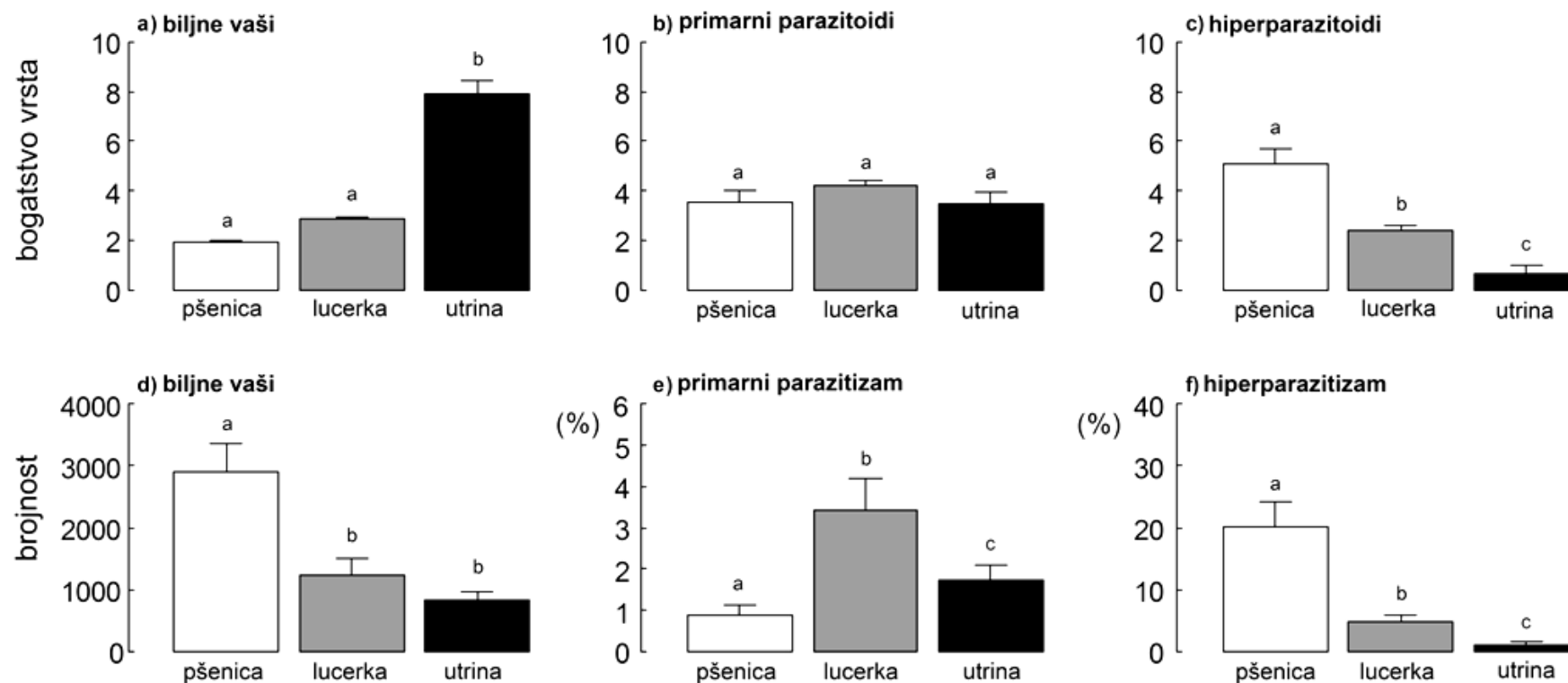
$AICc(w_i)$ - Akaike weight modela i

Cum.(w_i)- kumulativni Akaike weight

ER – “evidence ratio” (w_j/w_i) odnos “najboljeg” modela j i modela i

LL - log-likelihood modela

r^2 – koeficijent determinacije modela na osnovu likelihood-ratio testa

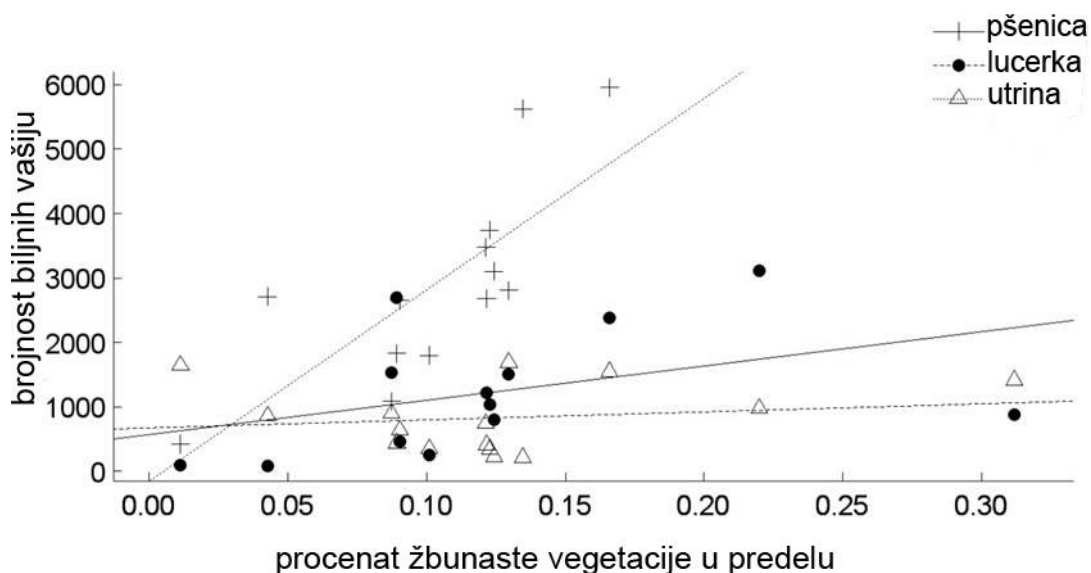


Slika 6. Barplotovi koji prikazuju (a) bogatstvo vrsta biljnih vašiju, (b) bogatstvo vrsta primarnih parazitoida (c) bogatstvo vrsta hiperparazitoida, (d) brojnost biljnih vašiju, (e) stope primarnog parazitizma i (f) stope hiperparazitizma u tri staništa (polje žita, polje lucerke i utrina). Prikazane su srednje vrednosti i standardna devijacija; različita slova označavaju statistički značajne razlike između staništa utvđene post-hoc t-testom za višestruku komparaciju sa Hochberg korekcijom ($P \leq 0.05$).

Tabela 9. Procena parametara (β), standardna greška (SE), interval poverenja (95% IP), i p-vrednosti za fiksne efekte na osnovu najboljeg modela (Model11) koji predviđa brojnost biljnih vašiju u funkciji tipa staništa (H), procenta žbunaste vegetacije u predelu ($L_{\text{ŽV}}$) i njihove interakcije.

Brojnost biljnih vašiju							
Parametar	β	SE	Donji IP	Gornji IP	Df	t-vrednost	P-vrednost
Intercept	1199,60	238,23	705,54	1693,66	22,00	5,04	0,000***
H_U	-380,10	325,68	-1055,52	295,32	22,00	-1,17	0,256
H_P	2149,97	347,82	1428,62	2871,31	22,00	6,18	0,000***
$L_{\text{ŽV}}$	339,42	207,13	-108,04	786,89	13,00	1,64	0,125
$H_U : L_{\text{ŽV}}$	-259,14	292,80	-866,37	348,10	22,00	-0,89	0,386
$H_P : L_{\text{ŽV}}$	1563,99	440,25	650,96	2477,02	22,00	3,55	0,002**

Statistička značajnost: *p < 0.05, **p < 0.01, ***p < 0.001



Slika 7. Model predikcije interakcija između tri tipa staništa (polje pšenice, polje lucerke i utrina) i procenta žbunaste vegetacije u predelu za brojnost biljnih vašiju.

Tabela 10. Lista modela kandidata za bogatstvo vrsta biljnih vašiju korišćena u metodi zaključivanja korišćenjem većeg broja modela (“multi model inference”) kao funkcija predeonih karakteristika i tipa staništa. Vrednosti konkurentnih modela ($\Delta_{AICc} < 4.0$ od najbolje rangiranog modela) koji su korišćeni u metodi usrednjavanja modela (“model averaging”) su boldovani.

	Model	K	AICc	$\Delta AICc$	$AICc(w_i)$	Cum.Wt	ER	LL	r^2
1	H	4	148	0	0,43	0,43	1	-69,44	0,65
2	H + P_{ZV}	5	149,78	1,78	0,17	0,6	2,44	-69,03	0,65
3	H + P_{JK}	5	149,8	1,81	0,17	0,77	2,47	-69,04	0,65
4	H + P_L	5	150,23	2,23	0,14	0,91	3,05	-69,26	0,65
5	H + P _{ZV} + P _{ZV}	6	152,22	4,23	0,05	0,96	8,28	-68,88	0,65
6	H + P _{ZV} + H x P _{ZV}	7	155,02	7,02	0,01	0,98	33,5	-68,81	0,65
7	H + P _{JK} + H x P _{JK}	7	155,07	7,07	0,01	0,99	34,31	-68,84	0,65
8	H + P _{ZV} + H x P _{ZV}	7	155,4	7,4	0,01	1	40,47	-69,00	0,65
9	H + P _{JK} + P _{ZV} + H x P _{JK} + H x P _{ZV}	10	164,23	16,23	0	1	3350,31	-68,45	0,65
10	Intercept samo	2	208,67	60,68	0	1	1,5E+13	-102,18	0
11	P _{ZV}	3	210,77	62,78	0	1	4,29E+13	-102,06	0,01
12	P _{JK}	3	210,81	62,81	0	1	4,36E+13	-102,08	0,01
13	P _{ZV}	3	210,99	63	0	1	4,79E+13	-102,17	0
14	P _{ZV} + P _{ZV}	4	213,23	65,23	0	1	1,46E+14	-102,06	0,01

AICc - Akaike-ov informacioni kriterijum drugog reda

K – broj parametara

$\Delta AICc$ - Razlika između AICc vrednosti najbolje rankiranog modela i modela i

$AICc(w_i)$ - Akaike weight modela i

Cum.(w_i)- kumulativni Akaike weight

ER – “evidence ratio” (w_j/w_i) odnos “najboljeg” modela j i modela i

LL - log-likelihood modela

r² – koeficijent determinacije modela na osnovu likelihood-ratio testa

Tabela 11. Procena parametara (β), standardna greška (SE), interval poverenja (95% IP) i p-vrednosti za fiksne efekte na osnovu najboljeg modela (Model1) koji predviđa bogatstvo vrsta biljnih vašiju u funkciji tipa staništa (H).

Bogatstvo vrsta biljnih vašiju						
Parametar	β	SE	Donji IP	Gornji IP	z-vrednost	Pr(> z)
Intercept	1,05	0,16	0,72	1,37	6,36	1,99E-10***
H _U	1,03	0,19	0,65	1,39	5,45	5,15E-08***
H _P	-0,39	0,26	-0,92	0,12	-1,51	0,13

Statistička značajnost: *p <0.05, **p <0.01, ***p <0.001

4.1.2 Stope parazitizma i bogatstvo vrsta parazitoida

Za stope primarnog parazitizma i hiperparazitizma, model koji uključuje samo tip staništa se pokazao boljim u odnosu na ostale modele kandidate i jedini je preostao nakon isključivanja modela sa varijablama (engl. *pretending variables*) koje nisu dovele do povećanja “log-likelihood” modela sa najnižim ΔAIC_C (Tabela 12, 13). Za primarni parazitizam ovaj model je imao verovatnoću 0,54 (Tabela 12), i za hiperparazitizam verovatnoću 0,56 da bude izabran kao najbolji model (Tabela 13). Najbolje rangiran model je objasnio 46% varijanse primarnog parazitizma i 30% varijanse u slučaju hiperparazitizma. Stope primarnog parazitizma su bile najviše u poljima lucerke i najniže u poljima pšenice, dok su stope hiperparazitizma bile najviše u poljima pšenice i najniže u utrinama (Tabela 14, Slika 6). Na primarni parazitizam i hiperparazitizam nijedna predeona varijabla nije imala uticaj. Stope parazitiranosti su bile veoma niske u sva tri staništa idući od 0 do 10% u slučaju primarnog parazitizma, i od 0 do 35% u slučaju hiperparazitizma.

Zabeleženo je 7 vrsta primarnih parazitoidea u poljima pšenice (srednja vrednost $\pm$ SE: $3,55 \pm 0,45$), 8 vrsta u poljima lucerke ($4,23 \pm 0,17$) i 17 vrsta u utrinama ($3,47 \pm 0,51$) (Slika 6; Prilog, Lista 3). Samo jedna vrsta primarnog parazitoidea (*P. volucre*) je nađena u sva tri staništa. Sastav vrsta primarnih parazitoidea u poljima pšenice se značajno razlikovao u odnosu na druga dva tipa staništa, dok su 4 vrste primarnih parazitoidea bile zajedničke za polja lucerke i utrine (Prilog, Lista 3). Šest modela kandidata je imalo vrednost $\Delta AICc < 4$ (suma $AICc$ weights = 0,93) (Tabela 15). Nakon uklanjanja modela sa “lažnim varijablama”, fit modela samo sa intercept-om nije poboljšan uključivanjem nijedne prediktorske varijable. Svi modeli objašnjavaju veoma malo varijabilnosti u bogatstvu vrsta primarnih parazitoidea ($r^2 \leq 0,08$) što vodi ka zaključku da na bogatstvo vrsta primarnih parazitoidea nije uticao tip staništa niti zastupljenost odabranih kategorija staništa u predelu (Tabela 16).

Prosečan broj vrsta hiperparazitoidea u poljima žita je bio dva puta veći nego u poljima lucerke i pet puta veći nego u utrinama ((ukupan broj, srednja vrednost $\pm$ SE): polja žita (13; $5,10 \pm 0,60$), polja lucerke (10; $2,38 \pm 0,21$), utrine (6, $0,67 \pm 0,33$)) (Slika 6; Prilog, Lista 4). Tri vrste hiperparazitoidea su bile zajedničke za sva tri staništa, a fauna hiperparazitoidea u utrinama se gotovo u potpunosti preklapala sa faunim hiperparazitoidea u poljima lucerke (Prilog, Lista 4). Model sa tipom staništa kao jedinom eksplanatornom varijablom je imao verovatnoću 0,49 da bude izabran kao najbolji model i to je jedini model koji je preostao nakon uklanjanja modela sa “lažnim varijablama” (Tabela 17). Prema ovom modelu broj vrsta hiperparazitoidea raste sa povećanjem intenziteta remećenja staništa. Ovaj model objašnjava znatan deo varijanse u broju vrsta hiperparazitoidea ($r^2 = 0,66$).

Tabela 12. Lista modela kandidata za primarni parazitizam korišćena u metodi zaključivanja korišćenjem većeg broja modela (“multi model inference”) kao funkcija predeonih karakteristika i tipa staništa. Vrednosti konkurentnih modela ($\Delta AICc < 4.0$ od najbolje rangiranog modela) koji su korišćeni u metodi usrednjavanja modela (“model averaging”) su boldovani.

	Model	K	AICc	$\Delta AICc$	AICc(w _i)	Cum.Wt	ER	LL	r ²
1	H	7	-104,26	0	0,54	0,54	1	60,83	0,46
2	H + P_{JK}	8	-101,20	3,05	0,12	0,66	4,6	60,85	0,47
3	H + P_{ZV}	8	-101,18	3,08	0,12	0,78	4,67	60,84	0,46
4	H + P_L	8	-101,16	3,10	0,12	0,89	4,72	60,83	0,46
5	H + P _{ZV} + H x P _{ZV}	10	-98,59	5,66	0,03	0,92	16,99	62,96	0,55
6	H + P _{ZV} + P _{ZV}	9	-97,88	6,38	0,02	0,95	24,29	60,84	0,47
7	Intercept samo	5	-97,50	6,76	0,02	0,96	29,33	54,61	0
8	H + P _{ZV} + H x P _{ZV}	10	-96,17	8,08	0,01	0,97	56,94	61,75	0,50
9	P _{ZV}	6	-95,73	8,53	0,01	0,98	71,08	55,10	0,06
10	H + P _{JK} + H x P _{JK}	10	-95,64	8,62	0,01	0,99	74,44	61,49	0,49
11	P _{JK}	6	-94,81	9,45	0	0,99	112,67	54,64	0
12	P _{ZV}	6	-94,75	9,51	0	1	116,14	54,61	0
13	P _{ZV} + P _{ZV}	7	-92,83	11,43	0	1	303,11	55,11	0,07
14	H + P _{JK} + P _{ZV} + H x P _{JK} + H x P _{ZV}	13	-88,68	15,57	0	1	2407,58	64,08	0,58

AICc - Akaike-ov informacioni kriterijum drugog reda

K – broj parametara

$\Delta AICc$ - Razlika između AICc vrednosti najbolje rankiranog modela i modela i

AICc(w_i) - Akaike weight modela i

Cum.(w_i)- kumulativni Akaike weight

ER – “evidence ratio” (w_j/w_i) odnos “najboljeg” modela j i modela i

LL - log-likelihood modela

r² – koeficijent determinacije modela na osnovu likelihood-ratio testa

Tabela 13. Lista modela kandidata za hiperparazitizam korišćena u metodi zaključivanja korišćenjem većeg broja modela (“multi model inference”) kao funkcija predeonih karakteristika i tipa staništa. Vrednosti konkurentnih modela ($\Delta_{AICc} < 4.0$ od najbolje rangiranog modela) koji su korišćeni u metodi usrednjavanja modela (“model averaging”) su boldovani.

Model	K	AICc	Δ_{AICc}	AICc(w _i)	Cum.Wt	ER	LL	r ²
1 H	7	-122,13	0	0,56	0,56	1	69,99	0,30
2 H + P_L	8	-119,44	2,69	0,15	0,71	3,84	70,29	0,30
3 H + P_{ZV}	8	-119,22	2,91	0,13	0,84	4,29	70,18	0,30
4 H + P_{JK}	8	-118,88	3,25	0,11	0,95	5,08	70,01	0,30
5 H + P _{ZV} + P _{ZV}	9	-116,37	5,76	0,03	0,99	17,81	70,52	0,30
6 H + P _{JK} + H x P _{JK}	10	-112,8	9,33	0,01	0,99	106,22	70,63	0,31
7 H + P _{ZV} + H x P _{ZV}	10	-112,48	9,64	0	1	124,14	70,47	0,30
8 H + P _{ZV} + H x P _{ZV}	10	-112,07	10,06	0	1	152,72	70,27	0,31
9 Intercept samo	5	-102,19	19,94	0	1	21376,13	57,06	0
10 H + P _{JK} + P _{ZV} + H x P _{JK} + H x P _{ZV}	13	-99,77	22,35	0	1	71452,41	70,80	0,31
11 P _{ZV}	6	-99,75	22,38	0	1	72408,66	57,27	0
12 P _{ZV}	6	-99,71	22,41	0	1	73585,41	57,26	0
13 P _{JK}	6	-99,36	22,77	0	1	88017,08	57,08	0
14 P _{ZV} + P _{ZV}	7	-97,13	24,99	0	1	267356,8	57,50	0

AICc - Akaike-ov informacioni kriterijum drugog reda

K – broj parametara

Δ_{AICc} - Razlika između AICc vrednosti najbolje rankiranog modela i modela i

AICc(w_i) - Akaike weight modela i

Cum.(w_i)- kumulativni Akaike weight

ER – “evidence ratio” (w_j/w_i) odnos “najboljeg” modela j i modela i

LL - log-likelihood modela

r² – koeficijent determinacije modela na osnovu likelihood-ratio testa

Tabela 14. Procena parametara (β), standardna greška (SE), interval poverenja (95% IP) i p-vrednosti za fiksne efekte na osnovu najboljeg modela (Model1) koji predviđa primarni parazitizam i hiperparazitizam u funkciji tipa staništa (H).

Stopa primarnog parazitizma							
Parametar	β	SE	Donji IP	Gornji IP	DF	t-vrednost	p-vrednost
Intercept	0,17	0,02	0,13	0,22	24	8,65	0,000***
H _U	-0,06	0,03	-0,11	0,00	24	-2,16	0,041*
H _P	-0,09	0,02	-0,14	-0,04	24	-3,83	0,001**
Stopa hiperparazitizma							
Parametar	β	SE	Donji IP	Gornji IP	DF	t-vrednost	p-vrednost
Intercept	0,05	0,01	0,03	0,07	20	5,85	0,000***
H _U	-0,04	0,01	-0,05	-0,02	20	-4,36	0,000***
H _P	0,15	0,04	0,07	0,23	20	3,88	0,001**
Statistička značajnost: *p <0,05; **p <0,01; ***p <0,001							

Tabela 15. Lista modela kandidata za bogatstvo vrsta primarnih parazitoida korišćena u metodi zaključivanja korišćenjem većeg broja modela (“multi model inference”) kao funkcija predeonih karakteristika i tipa staništa. Vrednosti konkurentnih modela ($\Delta AICc < 4.0$ od najbolje rangiranog modela) koji su korišćeni u metodi usrednjavanja modela (“model averaging”) su boldovani.

Model	K	AICc	$\Delta AICc$	$AICc(w_i)$	Cum.Wt	ER	LL	r^2
1 Intercept samo	2	153,11	0	0,38	0,38	1	-74,39	0
2 P_{ZV}	3	154,44	1,34	0,19	0,57	1,95	-73,88	0,03
3 P_{JK}	3	155,43	2,32	0,12	0,69	3,19	-74,37	0
4 P_{ZV}	3	155,44	2,34	0,12	0,81	3,22	-74,38	0
5 H	4	156,73	3,62	0,06	0,87	6,11	-73,77	0,03
6 $P_{ZV} + P_{ZV}$	4	156,93	3,83	0,06	0,93	6,78	-73,88	0,03
7 H + P_{ZV}	5	158,43	5,33	0,03	0,96	14,35	-73,31	0,06
8 H + P_{JK}	5	159,30	6,20	0,02	0,97	22,18	-73,74	0,03
9 H + P_L	5	159,36	6,25	0,02	0,99	22,77	-73,77	0,03
10 H + $P_{ZV} + P_{ZV}$	6	161,24	8,13	0,01	1	58,39	-73,31	0,06
11 H + $P_{JK} + H \times P_{JK}$	7	163,57	10,47	0	1	187,61	-72,98	0,08
12 H + $P_{ZV} + H \times P_{ZV}$	7	164,22	11,12	0	1	259,62	-73,31	0,06
13 H + $P_{ZV} + H \times P_{ZV}$	7	164,97	11,87	0	1	377,65	-73,68	0,04
14 H + $P_{JK} + P_{ZV} + H \times P_{JK} + H \times P_{ZV}$	10	174,25	21,14	0	1	38933,11	-73,19	0,06

AICc - Akaike-ov informacioni kriterijum drugog reda

K – broj parametara

$\Delta AICc$ - Razlika između AICc vrednosti najbolje rankiranog modela i modela i

$AICc(w_i)$ - Akaike weight modela i

Cum.(wi)- kumulativni Akaike weight

ER – “evidence ratio” (w_j/w_i) odnos “najboljeg” modela j i modela i

LL - log-likelihood modela

r^2 – koeficijent determinacije modela na osnovu likelihood-ratio testa

Tabela 16. Procena parametara (β), standardna greška (SE), interval poverenja (95% IP) i p-vrednosti za fiksne efekte na osnovu najboljeg modela (Model1) koji predviđa bogatstvo vrsta primarnih parazitoida i sekundarnih parazitoida u funkciji tipa staništa (H).

Bogatstvo vrsta primarnih parazitoida	Parametar	β	SE	Donji IP	Gornji IP	z vrednost	Pr(> z)
	Intercept	1,44	0,13	1,18	1,71	10,70	<2e-16***
	H _U	-0,20	0,19	-0,58	0,18	-1,03	0,303
	H _P	-0,18	0,21	-0,59	0,23	-0,84	0,399

Bogatstvo vrsta sekundarnih parazitoida	Parameter	β	SE	Donji IP	Gornji IP	z vrednost	Pr(> z)
	Intercept	0,86	0,18	0,50	1,22	4,67	2,98 e-06***
	H _U	-1,28	0,37	-1,99	-0,56	-3,49	0,000482***
	H _P	0,76	0,23	0,31	1,21	3,30	0,000961***

Statistička značajnost: *p <0,05; **p <0,01; ***p <0,001

Tabela 17. Lista modela kandidata za bogatstvo vrsta hiperparazitoida korišćena u metodi zaključivanja korišćenjem većeg broja modela (“multi model inference”) kao funkcija predeonih karakteristika i tipa staništa. Vrednosti konkurentnih modela ($\Delta AICc < 4.0$ od najbolje rangiranog modela) koji su korišćeni u metodi usrednjavanja modela (“model averaging”) su boldovani.

Model	K	AICc	$\Delta AICc$	AICc(w _i)	Cum.Wt	ER	LL	r ²
1 H	4	126,40	0	0,47	0,47	1	-58,59	0,66
2 H + P_{JK}	5	128,61	2,21	0,15	0,62	3,03	-58,37	0,66
3 H + P_{ZV}	5	128,63	2,23	0,15	0,77	3,05	-58,38	0,67
4 H + P_L	5	128,77	2,37	0,14	0,91	3,27	-58,45	0,66
5 H + P _{ZV} + P _{ZV}	6	131,19	4,79	0,04	0,96	10,95	-58,24	0,67
6 H + P _{JK} + H x P _{JK}	7	133	6,60	0,02	0,97	27,1	-57,63	0,68
7 H + P _{ZV} + H x P _{ZV}	7	133,44	7,04	0,01	0,99	33,84	-57,85	0,68
8 H + P _{ZV} + H x P _{ZV}	7	133,72	7,33	0,01	1	38,96	-58,00	0,68
9 H + P _{JK} + P _{ZV} + H x P _{JK} + H x P _{ZV}	10	142,63	16,24	0	1	3354,3	-57,24	0,68
10 Intercept samo	2	170,03	43,63	0	1	2,98E+09	-82,84	0
11 P _{JK}	3	171,82	45,42	0	1	7,3E+09	-82,56	0,02
12 P _{ZV}	3	172,34	45,94	0	1	9,45E+09	-82,82	0
13 P _{ZV}	3	172,39	45,99	0	1	9,68E+09	-82,84	0
14 P _{ZV}	4	174,84	48,44	0	1	3,3E+10	-82,81	0

AICc -Akaike-ov informacioni kriterijum drugog reda

K – broj parametara

$\Delta AICc$ - Razlika između AICc vrednosti najbolje rankiranog modela i modela i

AICc(w_i) - Akaike weight modela i

Cum.(w_i)- kumulativni Akaike weight

ER – “evidence ratio” (w_j/w_i) odnos “najboljeg” modela j i modela i

LL - log-likelihood modela

r² – koeficijent determinacije modela na osnovu likelihood-ratio testa

4.1.3 Brojnost i bogatstvo vrsta predatora biljnih vašiju

Ukuno je sakupljeno 307 jedinki 6 vrsta Coccinellidae i 115 jedinki 9 vrsta Hemiptera (Prilog Lista 5, Lista 6). Prosečna brojnost predatorskih vrsta bubamara po tipu staništa je bila (srednja vrednost $\pm$ SE): polja pšenice ($1,31 \pm 0,41$), polja lucerke ($12,31 \pm 7,01$), utrine ($5,33 \pm 2,67$). Za brojnost bubamara najbolje rangirani model je objasnio 40 % varijabilnosti i imao je snažnu podršku da bude odabran kao najbolji model (Akaike weights = 93%) (Tabela 18). Taj model predviđa da se brojnost bubmara u poljima lucerke smanjuje, u poljima pšenice ne menja i utrinama povećava sa povećanjem površina pod jednogodišnjim kulturama u predelu (Slika 8, Tabela 19).

Brojnost Hemiptera je bila niža u poljima pšenice nego u poljima lucerke i utrinama (prosečna vrednost $\pm$ SE): polja pšenice ($1,30 \pm 0,41$), polja lucerke ($5,38 \pm 7,77$), utrine ($5,40 \pm 2,67$). Za brojnost Hemiptera tri modela kandidata su imala vrednost $\Delta AIC_C < 4$ (suma AICc weights = 0,91) (Tabela 20) i procena parametara je dobijena procedurom uprosečavanja modela. Analiza je pokazala pozitivan efekat procenta površina pod žbunastom vegetacijom na brojnost Hemiptera. U poljima lucerke brojnost Hemiptera opada sa udelom jednogodišnjih kultura u predelu, dok u utrinama ova predeona kategorija ne utiče na brojnost predatorskih stenica. U poljima žita Hemiptera su bile gotovo odsutne, tako da efekat udela jednogodišnjih kultura u predelu na njihovu brojnost nije mogao da bude procenjen (Tabela 21, Slika 9).

Broj predatorskih vrsta (Coccinellidae i Hemiptera) se značajno razlikovao samo između polja pšenice i lucerke (ukupan broj, prosečna vrednost $\pm$ SE): polja žita ($5; 1,5 \pm 0,37$), polja lucerke ($13; 3,46 \pm 0,73$), utrine ($9; 1,8 \pm 0,32$) (Prilog, Lista 5 i Lista 6). Tri vrste bubamara i jedna vrsta stenice su bile zajedničke za sva tri staništa (*Coccinella septempunctata*, *Harmonia axyridis*, *Propylea quatuordecimpunctata* i *Orius niger*). Fauna bubamara u poljima pšenice i utrinama se u znatnoj meri preklapala sa faunom bubamara u poljima lucerke (3 zajedničke vrste za polja pšenice i lucerke, 4 zajedničke vrste za lucerku i utrinu) (Prilog, Lista 5). Sedam modela kandidata je imalo vrednost $\Delta AIC_C < 4$ (Tabela 22). Nakon procedure uprosečavanja modela utvrđeno je da broj predatorskih vrsta (Coccinellidae i Hemiptera) u poljima lucerke opada sa povećanjem

površine pod jednogodišnjim kulturama u predelu, dok u poljima pšenice i utrinama ova predeona kategorija nije imala uticaj na broj registrovanih vrsta bubamara (Tabela 23, Slika 10).

Tabela 18. Lista modela kandidata za brojnost Coccinellidae korišćena u metodi zaključivanja korišćenjem većeg broja modela (“multi model inference”) kao funkcija predeonih karakteristika i tipa staništa. Vrednosti konkurentnih modela ($\Delta AICc < 4.0$ od najbolje rangiranog modela) koji su korišćeni u metodi usrednjavanja modela (“model averaging”) su boldovani.

Model	K	AICc	$\Delta AICc$	$AICc(w_i)$	Cum.Wt	ER	LL	r^2
1 H + P_{JK} + H x P_{JK}	8	127,3	0	0,93	0,93	1	-53,4	0,40
2 Intercept samo	3	135,13	7,83	0,02	0,95	50,03	-64,24	0,00
3 H	5	135,44	8,14	0,02	0,96	58,56	-61,86	0,11
4 P _{ZV}	4	137,39	10,09	0,01	0,97	155,44	-64,14	0,00
5 P _{ZV}	4	137,45	10,15	0,01	0,98	159,92	-64,17	0,00
6 P _{JK}	4	137,53	10,23	0,01	0,98	166,48	-64,21	0,00
7 H + P _L	6	138,01	10,71	0	0,99	211,68	-61,77	0,12
8 H + P _{JK}	6	138,11	10,81	0	0,99	222,64	-61,82	0,11
9 H + P _L	6	138,18	10,88	0	0,99	230,03	-61,85	0,11
10 P _{ZV} + P _{ZV}	5	139,87	12,57	0	1	536,12	-64,08	0,01
11 P _{JK}	8	140,35	13,05	0	1	683,46	-59,93	0,19
12 H + P _{ZV} + P _{ZV}	7	140,92	13,62	0	1	905,68	-61,76	0,12
13 H + P _{ZV} + H x P _{ZV}	8	141,27	13,97	0	1	1078,8	-60,38	0,17
14 H + P _{JK} + P _{ZV} + H x P _{JK} + H x P _{ZV}	11	148,13	20,83	0	1	33381,86	-58,51	0,24

AICc - Akaike-ov informacioni kriterijum drugog reda

K – broj parametara

$\Delta AICc$ - Razlika između AICc vrednosti najbolje rankiranog modela i modela i

$AICc(w_i)$ - Akaike weight modela i

Cum.(w_i)- kumulativni Akaike weight

ER – “evidence ratio” (w_j/w_i) odnos “najboljeg” modela j i modela i

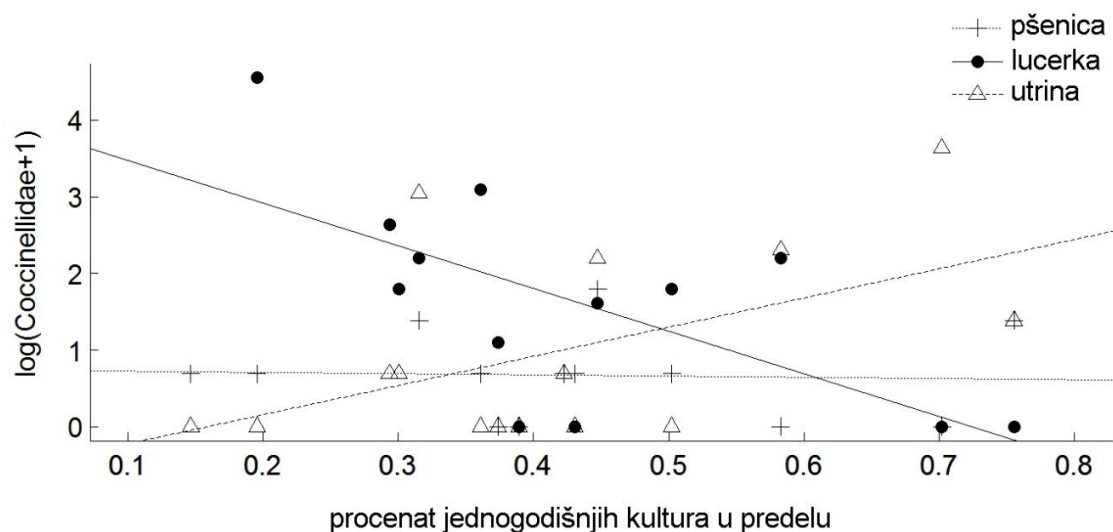
LL - log-likelihood modela

r^2 – koeficijent determinacije modela na osnovu likelihood-ratio testa

Tabela 19. Procena parametara (β), standardna greška (SE), interval poverenja (95% IP) i p-vrednosti za fiksne efekte na osnovu najboljeg modela koji predviđa relativnu brojnost predatorskih Coccinellidae u funkciji tipa staništa (H) i procentualne zastupljenosti jednogodišnjih kultura u predelu (P_{JK}) uključujući i njihovu interakciju (H x P_{JK}).

Brojnost predatorskih Coccinellidae							
Parametar	β	SE	Donji IP	Gornji IP	Df	t-vrednost	p-vrednost
Intercept	1,65	0,27	1,10	2,21	22	6,14	0,000***
H_U	-0,63	0,34	-1,34	0,08	22	-1,85	0,077
H_P	-0,98	0,35	-1,72	-0,25	22	-2,77	0,011*
P_{JK}	-0,92	0,28	-1,53	-0,31	13	-3,26	0,006**
$H_U \times P_{JK}$	1,55	0,35	0,82	2,28	22	4,40	0,000***
$H_P \times P_{JK}$	0,89	0,36	0,14	1,64	22	2,47	0,022*

Statistička značajnost: *p < 0,05; **p < 0,01; ***p < 0,001



Slika 8. Predikcije interakcija između tri staništa (polje pšenice, polje lucerke i utrina) i procenta jednogodišnjih kultura u predelu za brojnost bubamara ($\log(x + 1)$ transformisane) na osnovu modela.

Tabela 20. Lista modela kandidata za brojnost predatorskih Hemiptera korišćena u metodi zaključivanja korišćenjem većeg broja modela (“multi model inference”) kao funkcija predeonih karakteristika i tipa staništa. Vrednosti konkurentnih modela ($\Delta AICc < 4.0$ od najbolje rangiranog modela) koji su korišćeni u metodi usrednjavanja modela (“model averaging”) su boldovani.

	Model	K	AICc	$\Delta AICc$	$AICc(w_i)$	Cum,Wt	ER	LL	r^2
1	H + P_{JK} + H x P_{JK}	8	92,42	0	0,65	0,65	1	-35,96	0,59
2	H + P_{JK}	6	95,54	3,12	0,14	0,79	4,77	-40,54	0,49
3	H + P_{ZV}	6	95,82	3,41	0,12	0,91	5,49	-40,68	0,49
4	H + P _{ZV} + P _{ZV}	7	97,11	4,69	0,06	0,97	10,45	-39,86	0,50
5	H + P _{ZV} + H x P _{ZV}	8	100,61	8,19	0,01	0,98	60,19	-40,06	0,37
6	H	5	101,03	8,61	0,01	0,99	74,18	-44,66	0,37
7	H + P _L	6	102,38	9,96	0	1	145,42	-43,95	0,39
8	H + P _{ZV} + H x P _{ZV}	8	105,22	12,81	0	1	603,98	-42,36	0,43
9	H + P _{JK} + P _{ZV} + H x P _{JK} + H x P _{ZV}	11	106,7	14,28	0	1	1263,62	-37,80	0,56
10	P _{ZV}	4	109,05	16,63	0	1	4081,82	-49,97	0,19
11	P _{ZV} + P _{ZV}	5	110,48	18,07	0	1	8373,63	-49,38	0,21
12	P _{JK}	4	111,91	19,5	0	1	17120,3	-51,40	0,13
13	Intercept samo	3	114,89	22,47	0	1	75834,52	-54,12	0
13	P _{ZV}	4	116,19	23,77	0	1	144981,4	-53,54	0,03

AICc - Akaike-ov informacioni kriterijum drugog reda

K – broj parametara

$\Delta AICc$ - Razlika između AICc vrednosti najbolje rankiranog modela i modela i

$AICc(w_i)$ - Akaike weight modela i

Cum.(w_i)- kumulativni Akaike weight

ER – “evidence ratio” (w_j/w_i) odnos “najboljeg” modela j i modela i

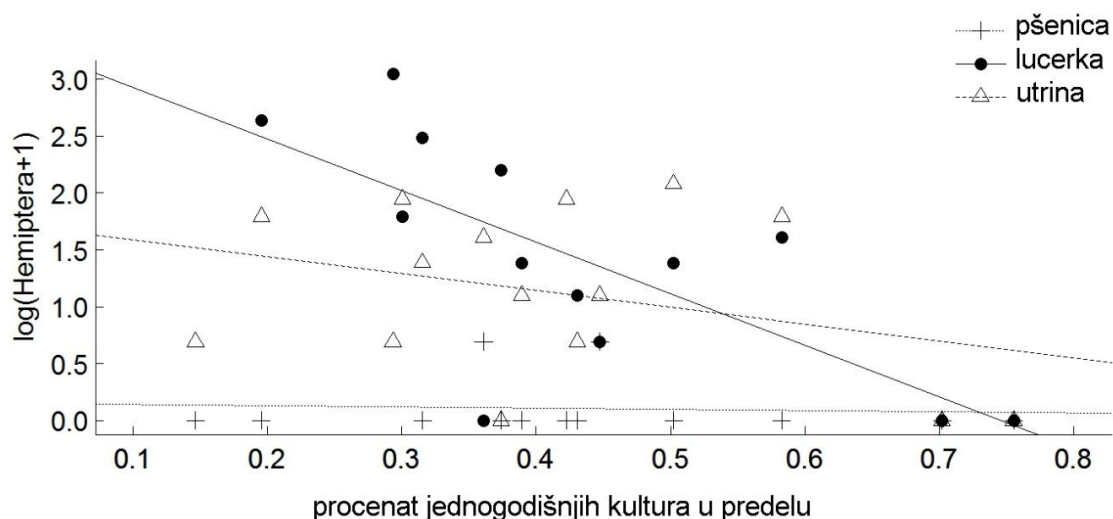
LL - log-likelihood modela

r^2 – koeficijent determinacije modela na osnovu likelihood-ratio testa

Tabela 21. Procena parametara (β), standardna greška (SE), interval poverenja (95% IP) i p-vrednosti za fiksne efekte korišćenjem metode uprosečavanja modela kandidata (engl. “*model averaging*”), koja predviđa relativnu brojnost predatorskih Hemiptera u funkciji tipa staništa (H) i procentualne zastupljenosti jednogodišnjih kultura u predelu (P_{JK}) uključujući i njihovu interakciju ($H \times P_{JK}$).

Brojnost predatorskih Hemiptera							
Parametar	β	SE	Adj. SE	Donji IP	Gornji IP	z-vrednost	Pr(> z)
Intercept	1,43	0,18	0,19	1,06	1,81	7,51	< 2e-16***
H_U	-0,33	0,25	0,26	-0,84	0,18	1,28	0,199
H_P	-1,32	0,26	0,27	-1,85	-0,78	4,83	0,000***
P_{JK}	-0,67	0,24	0,25	-1,16	-0,18	2,69	0,007**
$H_U \times P_{JK}$	0,50	0,25	0,26	-0,01	1,01	1,93	0,053.
$H_P \times P_{JK}$	0,73	0,25	0,27	0,21	1,25	2,75	0,006**
$L_{\Sigma V}$	0,32	0,11	0,12	0,08	0,55	2,60	0,009**

Statistička značajnost: *p < 0,05; **p < 0,01; ***p < 0,001



Slika 9. Predikcije interakcija između tri staništa (polje pšenice, polje lucerke i utrina) i procenta jednogodišnjih kultura u predelu za brojnost predatorskih Hemiptera ($\log(x + 1)$ transformisane) na osnovu modela.

Tabela 22. Lista modela kandidata za bogatstvo predatorskih vrsta (Coccinellidae i Hemiptera) korišćena u metodi zaključivanja korišćenjem većeg broja modela (“multi model inference”) kao funkcija predeonih karakteristika i tipa staništa. Vrednosti konkurentnih modela ($\Delta_{AICc} < 4.0$ od najbolje rangiranog modela) koji su korišćeni u metodi usrednjavanja modela (“model averaging”) su boldovani.

	Model	K	AICc	$\Delta AICc$	AICcWt	Cum.Wt	ER	LL	r^2
1	H + P_{JK} + H x P_{JK}	7	149	0	0,24	0,24	1	-65,81	0,37
2	H + P_{ZV}	5	149,30	0,26	0,21	0,45	1,14	-68,78	0,33
3	H	4	149,40	0,42	0,19	0,64	1,23	-70,16	0,27
4	H + P_{JK}	5	149,80	0,76	0,16	0,8	1,46	-69,03	0,33
5	H + P_{ZV} + H x P_{ZV}	7	151,40	2,37	0,07	0,88	3,27	-67	0,45
6	H + P_{ZV} + P_{ZV}	6	151,90	2,85	0,06	0,93	4,16	-68,7	0,33
7	H + P_L	5	152	2,98	0,05	0,99	4,43	-70,14	0,27
8	H + P _{ZV} + H x P _{ZV}	7	155,72	6,7	0,01	0,99	28,5	-69,16	0,31
9	P _{ZV}	3	158,68	9,66	0	1	125,31	-76,02	0,12
10	H + P _{JK} + P _{ZV} + H x P _{JK} + H x P _{ZV}	10	159,87	10,85	0	1	227,4	-66,27	0,47
11	Intercept samo	2	160,50	11,48	0	1	310,95	-78,09	0,00
12	P _{JK}	3	160,97	11,95	0	1	393,77	-77,16	0,08
13	P _{ZV} + P _{ZV}	4	161	11,98	0	1	399,45	-75,94	0,13
14	P _{ZV}	3	162,81	13,79	0	1	988,27	-78,08	0,00

AICc - Akaike-ov informacioni kriterijum drugog reda

K – broj parametara

$\Delta AICc$ - Razlika između AICc vrednosti najbolje rankiranog modela i modela i

AICc(wi) - Akaike weight modela i

Cum.(wi)- kumulativni Akaike weight

ER – “evidence ratio” (w_j/w_i) odnos “najboljeg” modela j i modela i

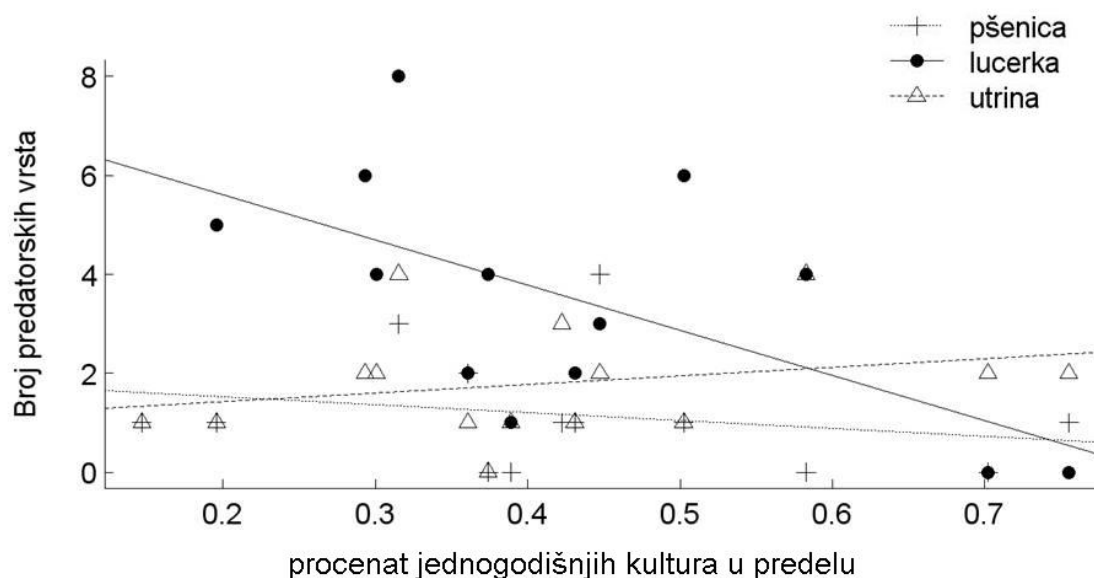
LL - log-likelihood modela

r² – koeficijent determinacije modela na osnovu likelihood-ratio testa

Tabela 23. Procena parametara (β), standardna greška (SE), interval poverenja (95% IP) i p-vrednosti za fiksne efekte korišćenjem metode uprosečavanja modela kandidata (engl. “*model averaging*”), koja predviđa bogatstvo predatorskih vrsta (Coccinellidae i Hemiptera) u funkciji tipa staništa (H) i procentualne zastupljenosti jednogodišnjih kultura u predelu (P_{JK}) uključujući i njihovu interakciju ($H \times P_{JK}$).

bogatstvo predatorskih vrsta (Coccinellidae i Hemiptera)							
	β	SE	Adj. SE	Donji IP	Gornji IP	z - vrednost	Pr(> z)
(Intercept)	1,15	0,18	0,19	0,80	1,50	6,08	< 2e-16 ***
H_U	-0,63	0,25	0,26	-1,13	-0,13	2,43	0,015 *
H_P	-1,04	0,31	0,32	-1,65	-0,44	3,30	0,001 ***
P_{JK}	-0,41	0,25	0,25	-0,90	0,08	1,63	0,103
$H_U \times P_{JK}$	0,70	0,28	0,29	0,15	1,26	2,41	0,016 *
$H_P \times P_{JK}$	0,29	0,35	0,35	-0,39	0,97	0,82	0,414
P_{ZV}	0,22	0,13	0,13	-0,03	0,47	1,68	0,094 ,
$H_U \times P_{ZV}$	-0,25	0,22	0,23	-0,69	0,19	1,08	0,279
$H_P \times P_{ZV}$	0,75	0,59	0,61	-0,42	1,91	1,22	0,221
P_L	-0,04	0,14	0,15	-0,33	0,24	0,30	0,767

Statistička značajnost: *p < 0,05; **p < 0,01; ***p < 0,001



Slika 10. Predikcije interakcija između tri staništa (polje pšenice, polje lucerke i utrina) i procenta jednogodišnjih kultura u predelu za bogatstvo predatorskih vrsta (Coccinellidae i Hemiptera) na osnovu uprosečenih modela.

4.2 Predeono-ekološka studija 2: područje Pančevačkog rita

Tokom 2010. godine, u svim poljima lucerke zabeleženo je 3213 jedinki *A. pisum*, 24 jedinke *A. craccivora* i 1126 jedinki *T. trifolii*. Ukupno je identifikovano 6 vrsta primarnih parazitoida (Braconidae: Aphidiinae) i 855 jedinki (Tabela 28). U parazitskom spektru *A. pisum*, *A. ervi* je bio dominantno zastupljen (75,2 %), zatim *A. eadyi* (22,9 %), *P. barbatum* (1,8 %), i *P. volucre* (0,001 % - samo jedna sakupljena jedinka). Na *T. trifolii* su nađene samo 2 vrste primarnih parazitoida: *P. exsoletum* kao dominantna vrsta (97,7 %), dok je *T. complanatus* bila relativno retko zastupljena (2,3 %). Brojnosti *A. craccivora* su bile veoma niske (ukupno nađeno samo 24 jedinke) i nije registrovano prisustvo primarnih parazitoida ni u jednom od 12 analiziranih predela. Kompleksi parazitoida, koji su utvrđeni na vašima lucerke, odgovaraju nalazima iz drugih evropskih zemalja (videti Pons et al. 2011).

Rezultati istraživanja na području Pančevačkog rita tokom 2010. godine nisu pokazali efekat predela niti sezone ni u jednom slučaju analiziranih brojnosti biljnih vašiju (Tabela 24). Stope primarnog parazitizma u sva tri slučaja (brojnost vašiju sumarno, *A. pisum*, *T. trifolii*) se nisu razlikovale između jednostavnih i kompleksnih predela, ali su se razlikovale između sezona (Tabela 25, 26, 27). Stope parazitizma su u sva tri slučaja bile više u periodu ranog leta u poređenju sa druge dve sezone (Slika 11). Parazitiranost je bila viša u slučaju *A. pisum* nego *T. trifolii*, dok u slučaju *A. craccivora* nije zabeležena nijedna mumificirana jedinka. U slučaju parazitiranosti *T. trifolii* post-hoc test je pokazao samo granično značajnu razliku između ranog letnjeg perioda i jeseni ($p = 0,52$, Slika 11).

Pregled bogatstva i ukupne brojnosti vrsta primarnih parazitoida i hiperparazitoida po sezonama i u odnosu na tip predela na ukupnom uzorku prikupljenom tokom 2010. godine prikazan je tabelarno (Tabela 28, 29).

U materijalu prikupljenom tokom 2010. godine na području Pančevačkog rita (lokalitet Kovilovo) pronađena je i opisana nova vrsta hiperparazitoida *Alloxysta kovilovica* (Ferrer-Suay et al. 2013). Prisustvo ove vrste je zabeleženo i tokom

istraživanja u 2012. godini u uzorcima biljnih vašiju sa pšenice na području okoline Smedereva (Ferrer-Suay et al. 2013).

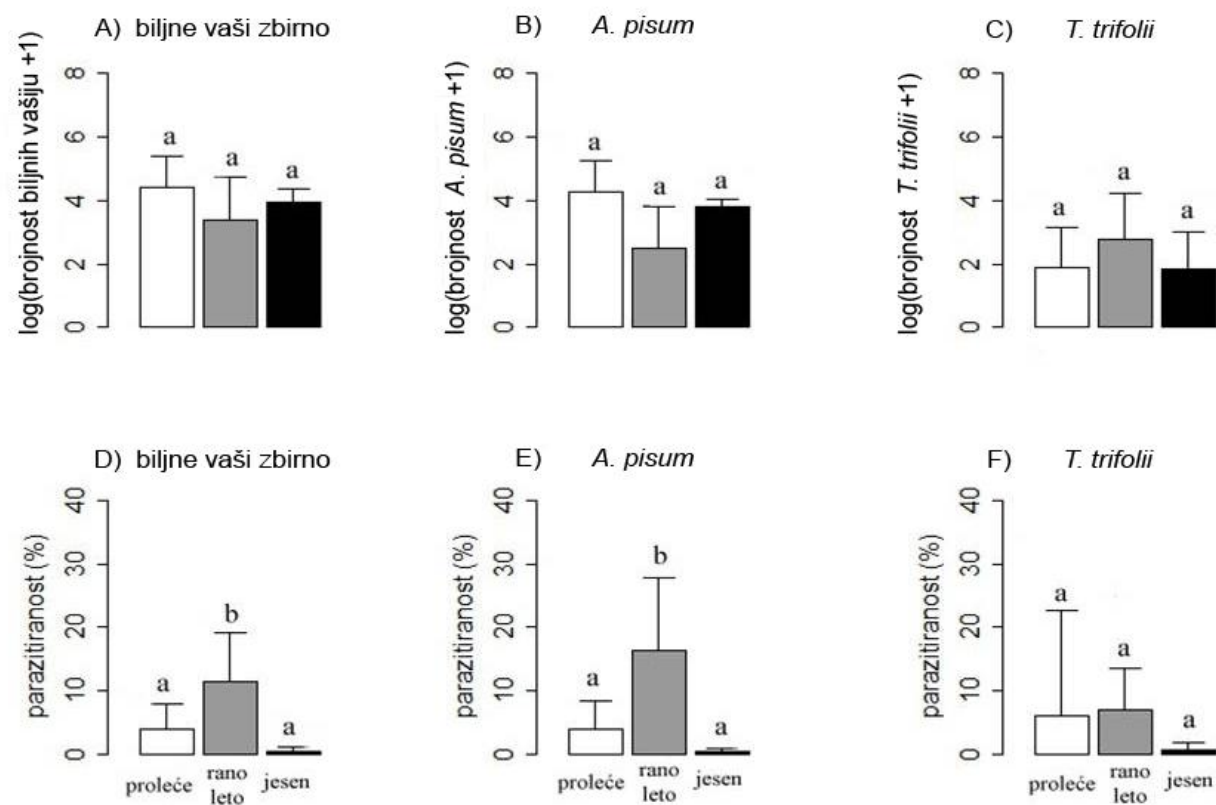
Tabela 24. Efekat predela, sezone i njihove interakcije na brojnosti biljnih vašiju sumarno i za pojedinačne vrste (Anova tipa III).

brojnost biljnih vašiju sumarno za 2010				
	numDF	denDF	F-vrednost	p-vrednost
Intercept	1	12	227,26	<,0001
Sezona	2	8	1,80	0,227
Predeo	1	12	1,17	0,301
Sezona x Predeo	2	8	0,48	0,634

brojnost <i>A. pisum</i> za 2010				
	numDF	denDF	F-vrednost	p-vrednost
Intercept	1	12	747,57	<,0001
Sezona	2	8	3,31	0,089
Predeo	1	12	2,19	0,165
Sezona x Predeo	2	8	0,25	0,788

brojnost <i>T. trifolii</i> za 2010				
	numDF	denDF	F-vrednost	p-vrednost
Intercept	1	12	5,21	0,042
Sezona	2	8	0,41	0,679
Predeo	1	12	0	0,984
Sezona x Predeo	2	8	0,13	0,881

Statistička značajnost: *p <0,05; **p <0,01; ***p <0,001



Slika 11. Grafički prikaz efekta sezone za 2010. godinu na (srednja vrednost + SD): A) brojnost biljnih vašiju sumarno, B) brojnost *A. pisum*, C) brojnost *T. trifolii*, D) primarni parazitizam za biljne vaši zbirno, E) primarni parazitizam *A. pisum*, F) primarni parazitizam *T. trifolii*. Različita slova iznad oznake za SD označavaju prisustvo statistički značajnih razlika između srednjih vrednosti zavisnih varijabli. Rezultati su dobijeni primenom post – hoc testova (t-test za višestruku komparaciju u slučaju brojnosti biljnih vašiju i neparametarski Kruskal-Wallis test za višestruku komparaciju u slučaju primarnog parazitizma).

Tabela 25. Rezultati neparametarskog 2 way Brunner-Dette-Munk test za parazitiranost biljnih vašiju sumarno.

Two way Brunner-Dette-Munk test				
parazitiranost biljnih vašiju sumarno				
	df1	df2	F*	p(F>F*)
Sezona	1,57	11,41	15,14	0,001 **
Predeo	1,00	11,41	1,57	0,235
Sezona x Predeo	1,57	11,41	0,41	0,623

Statistička značajnost: *p <0,05; **p <0,01; ***p <0,001

Tabela 26. Rezultati neparametarskog 2 way Brunner-Dette-Munk testa za parazitiranost *A. pisum*.

Two way Brunner-Dette-Munk test				
parazitiranost <i>A. pisum</i>				
	df1	df2	F*	p(F>F*)
Sezona	1,52	12,17	16,34	0,001 **
Predeo	1,00	12,17	1,24	0,286
Sezona x Predeo	1,52	12,17	0,01	0,976

Statistička značajnost: *p <0,05; **p <0,01; ***p <0,001

Tabela 27. Rezultati neparametarskog 2 way Brunner-Dette-Munk testa za parazitiranost *T. trifolii*.

Two way Brunner-Dette-Munk test				
parazitiranost <i>T. trifolii</i>				
	df1	df2	F*	p(F>F*)
Sezona	1,85	12,97	5,24	0,023*
Predeo	1,00	12,97	0,68	0,424
Sezona x Predeo	1,85	12,97	0,94	0,408

Statistička značajnost: *p <0,05; **p <0,01; ***p <0,001

Tabela 28. Broj vrsta i ukupna brojnost primarnih parazitoida biljnih vašiju lucerke, po sezonama i u odnosu na tip predela na ukupnom uzorku prikupljenom tokom 2010. godine.

<i>Acyrtosiphon pisum</i>						
Sezona	Proleće		Leto		Jesen	
Predeo	JP	KP	JP	KP	JP	KP
<i>A. eadyi</i>	28	59	75	50	-	1
<i>A. ervi</i>	107	134	182	113	1	-
<i>P. barbatum</i>	2	5	6	1	-	-
<i>P. volucre</i>	1	-	-	-	-	-

<i>Therioaphis trifolii</i>						
Sezona	Proleće		Leto		Jesen	
Predeo	JP	KP	JP	KP	JP	KP
<i>P. exsoletum</i>	1	8	39	27	2	6
<i>T. complanatus</i>	-	-	1	1	-	-

* JP- jednostani predeo; KP – kompleksni predeo

Tabela 29. Pregled bogatstva i ukupne brojnosti vrsta hiperparazitoida na ukupnom uzorku prikupljenom tokom 2010. godine.

Vrsta	No
<i>Alloxysta abdera</i>	2
<i>Alloxysta brevis</i>	3
<i>Alloxysta kovilovica</i>	1
<i>Asaphes suspensus</i>	60
<i>Asaphes vulgaris</i>	7
<i>Dendrocerus (Macrostigma) aphidum</i>	17
<i>Dendrocerus (Macrostigma) carpenteri</i>	21
<i>Pachyneuron muscarum</i>	2
Ukupan broj svih jedinki	113

Tokom 2011. godine ukupno je zabeleženo 25822 jedinki *A. pisum*, 11186 jedinki *A. craccivora* i 10955 jedinki *T. trifolii*. Identifikovano je 2068 jedinki primarnih parazitoida (9 vrsta Aphidiinae i 2 vrste Aphelinidae) i 588 jedinki hiperparazitoida u 12 poljoprivrednih predela. Pregled broja i ukupne brojnosti identifikovanih vrsta primarnih parazitoida u svim uzorcima sumarno po vrstama biljnih vašiju dat je u Tabeli 30. Brojnost pojedinačnih vrsta hiperparazitoida za svaku vrstu biljne vašu lucerke po sezonama u svim uzorcima prikazan je u Tabeli 31. Šematski prikaz trofičkih interakcija u sistemu lucerka-biljna vaš-primarni parazitoid-sekundarni parazitoid dat je na Slici 12.

Analiza efekta sezone, predeonih karakteristika (udeo lucerke u predelu i Šenonov indeks diverziteta predela) i njihove interakcije na ukupnu brojnost biljnih vašiju pokazala je jasan trend povećanja brojnosti biljnih vašiju idući od prolećnog prema jesenjem aspektu. U slučaju pojedinačnih vrsta, *T. trifolii* i *A. craccivora* su ispoljile isti trend kao i brojnosti biljnih vašiju sumarno, dok je *A. pisum* imala suprotan trend (Slika 13). Diverzitet predela nije imao efekat ni na jednu ispitivanu zavisnu varijablu. Interakcija udela lucerke u predelu i sezone je bila značajna u slučaju brojnosti *A. pisum* i uočen je trend povećanja brojnosti ove vašu sa udelom lucerke u predelu samo u jesenjem aspektu (Tabela 32, Slika 14). Takođe, uočen je negativni efekat udela lucerke na brojnosti *T. trifolii*, koji je naročito jasno izražen u jesenjem aspektu (Tabela 32, Slika 15). Rezultati analiza za sve vrste sumarno i za svaku vrstu pojedinačno dati su u Tabeli 32. Na Slici 14. je dat uporedni grafički prikaz brojnosti biljnih vašiju između sezona sumarno kao i za svaku vrstu pojedinačno.

Analiza stope primarnog parazitizma u modelu sa interakcijama je bila moguća jedino sumarno za sve vrste biljnih vašiju usled nedovoljnog broja mumija u poljima tokom pojedinih sezona za pojedinačne vrste (mumije *A. pisum* tokom proleća i jeseni su sakupljene u samo 3 od 12 polja, mumije *A. craccivora* su nađene u ukupno 4 polja za sve tri sezone, dok mumije *T. trifolii* nisu zabeležene ni u jednom polju tokom proleća). Sezona je imala značajan efekat na stope parazitiranosti biljnih vašiju lucerke, dok interakcija sezone ni sa jednom predeonom varijablom nije bila značajna (Tabela 33). Na Slici 14. je dat grafički prikaz procenta parazitiranosti po sezonama za sve biljne vašu sumarno.

Tabela 30. Pregled broja i ukupne brojnosti identifikovanih vrsta primarnih parazitoida u svim uzorcima sumarno za 2011. godinu.

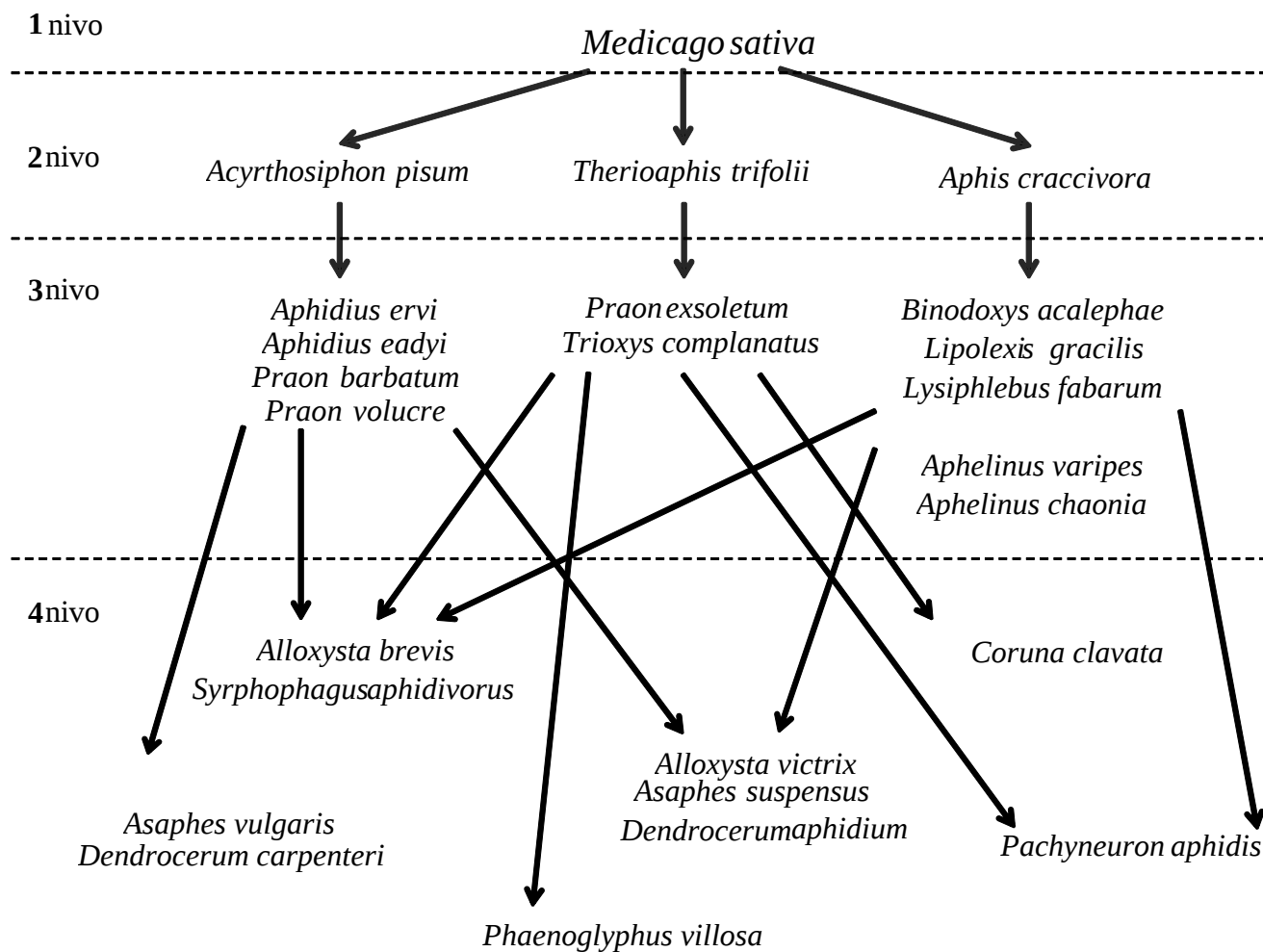
Kompleks primarnih parazitoida biljnih vašiju lucerke				
	Primarni parazitoid	<i>A.pisum</i>	<i>A.craccivora</i>	<i>T.trifolii</i>
1	<i>Aphelinus chaonia</i>	-	1	-
2	<i>Aphelinus varipes</i>	-	3	-
3	<i>Aphidius eadyi</i>	179	-	-
4	<i>Aphidius ervi</i>	1560	-	-
5	<i>Lipolexis gracilis</i>	-	5	-
6	<i>Binodoxys acalephae</i>	-	24	-
7	<i>Lysiphlebus fabarum</i>	-	40	-
8	<i>Praon barbatum</i>	12	-	-
9	<i>Praon exsoletum</i>	-	-	175
10	<i>Praon volucre</i>	1	-	-
11	<i>Trioxys complanatus</i>	-	-	68

Tabela 31. Pregled broja i ukupne brojnosti identifikovanih vrsta hiperparazitoida u svim uzorcima sumarno po vrstama biljnih vašiju za 2011. godinu.

Sekundarni parazitoidi (<i>A. pisum</i>)				
Vrste	Proleće	Rano leto	Jesen	Σ (vrste)
<i>Alloxysta brevis</i>	2	4	3	9
<i>Alloxysta victrix</i>	1	1	0	2
<i>Asaphes suspensus</i>	5	50	0	55
<i>Asaphes vulgaris</i>	0	5	0	5
<i>Dendrocerus aphidum</i>	20	41	0	61
<i>Dendrocerus carpenteri</i>	9	12	0	21
<i>Syrphophagus aphidivorus</i>	1	3	0	4
Σ (sezona)	38	116	3	157

Sekundarni parazitoidi (<i>A. craccivora</i>)				
Vrste	Proleće	Rano leto	Jesen	Σ (vrste)
<i>Alloxysta brevis</i>	0	1	3	4
<i>Pachyneuron aphidis</i>	0	0	138	138
<i>Phaenoglyphis villosa</i>	0	0	2	2
<i>Syrphophagus aphidivorus</i>	0	0	156	156
Σ (sezona)	0	0	300	300

Sekundarni parazitoidi (<i>T. trifolii</i>)				
Vrste	Proleće	Rano leto	Jesen	Σ (vrste)
<i>Alloxysta brevis</i>	0	0	3	3
<i>Alloxysta victrix</i>	0	0	1	1
<i>Asaphes suspensus</i>	0	0	71	71
<i>Coruna clavata</i>	0	0	1	1
<i>Dendrocerus aphidum</i>	0	0	1	1
<i>Pachyneuron aphidis</i>	0	0	48	48
<i>Syrphophagus aphidivorus</i>	0	0	6	6
Σ (sezona)	0	0	131	131



Slika 12. Pregled trofičkih interakcija u sistemu lucerka-biljna vaš-primarni parazitoid-sekundarni parazitoid.

Tabela 32. Rezultati GLMM analize efekta sezone, udela lucerke u predelu i Shannon-ovog indeksa diverziteta predela na brojnost biljnih vašiju sumarno i za sve tri vrste pojedinačno.

brojnost biljnih vašiju sumarno 2011				
	numDF	denDF	F-vrednost	p-vrednost
(Intercept)	1	20	1544,27	<,0001
Sezona	2	20	67,08	<,0001 ***
P _L	1	10	0,55	0,474
SH _{INDEX}	1	10	0,30	0,593
Sezona x P _L	2	20	3,28	0,059
Sezona x SH _{INDEX}	2	20	1,15	0,337
brojnost <i>A.pisum</i> 2011				
	numDF	denDF	F-vrednost	p-vrednost
Intercept	1	20	891,55	<,0001
Sezona	2	20	14,53	0,000 ***
P _L	1	10	1,65	0,229
SH _{INDEX}	1	10	0,40	0,539
Sezona x P _L	2	20	5,91	0,010 *
Sezona x SH _{INDEX}	2	20	1,18	0,328
brojnost <i>T. trifolii</i> 2011				
	numDF	denDF	F-vrednost	p-vrednost
Intercept	1	10	523,06	<,0001
Sezona	1	10	316,12	<,0001 ***
P _L	1	10	11,50	0,007 ***
SH _{INDEX}	1	10	0,10	0,753
Sezona x P _L	1	10	0,48	0,505
Sezona x SH _{INDEX}	1	10	0,42	0,533
brojnost <i>A. craccivora</i> 2011				
	numDF	denDF	F-vrednost	p-vrednost
Intercept	1	10	24,00	0,001
Sezona	1	10	3,42	0,094
P _L	1	10	1,23	0,294
SH _{INDEX}	1	10	1,15	0,309
Sezona x P _L	1	10	0,72	0,418
Sezona x SH _{INDEX}	1	10	0,31	0,588

Statistička značajnost: *p <0,05; **p <0,01; ***p <0,001

PL – udeo lucerke u predelu prečnika 1 km
SH_{INDEX} – Šenonov indeks diverziteta predela

Napomena za Tabelu 32: U 2011. godini *T. trifolii* i *A. craccivora* nisu bile prisutne tokom prolećnog perioda ni u jednom od 12 analiziranih polja, tako da je nivo “proleće” u okviru faktora “sezona” isključen iz analiza u njihovom slučaju.

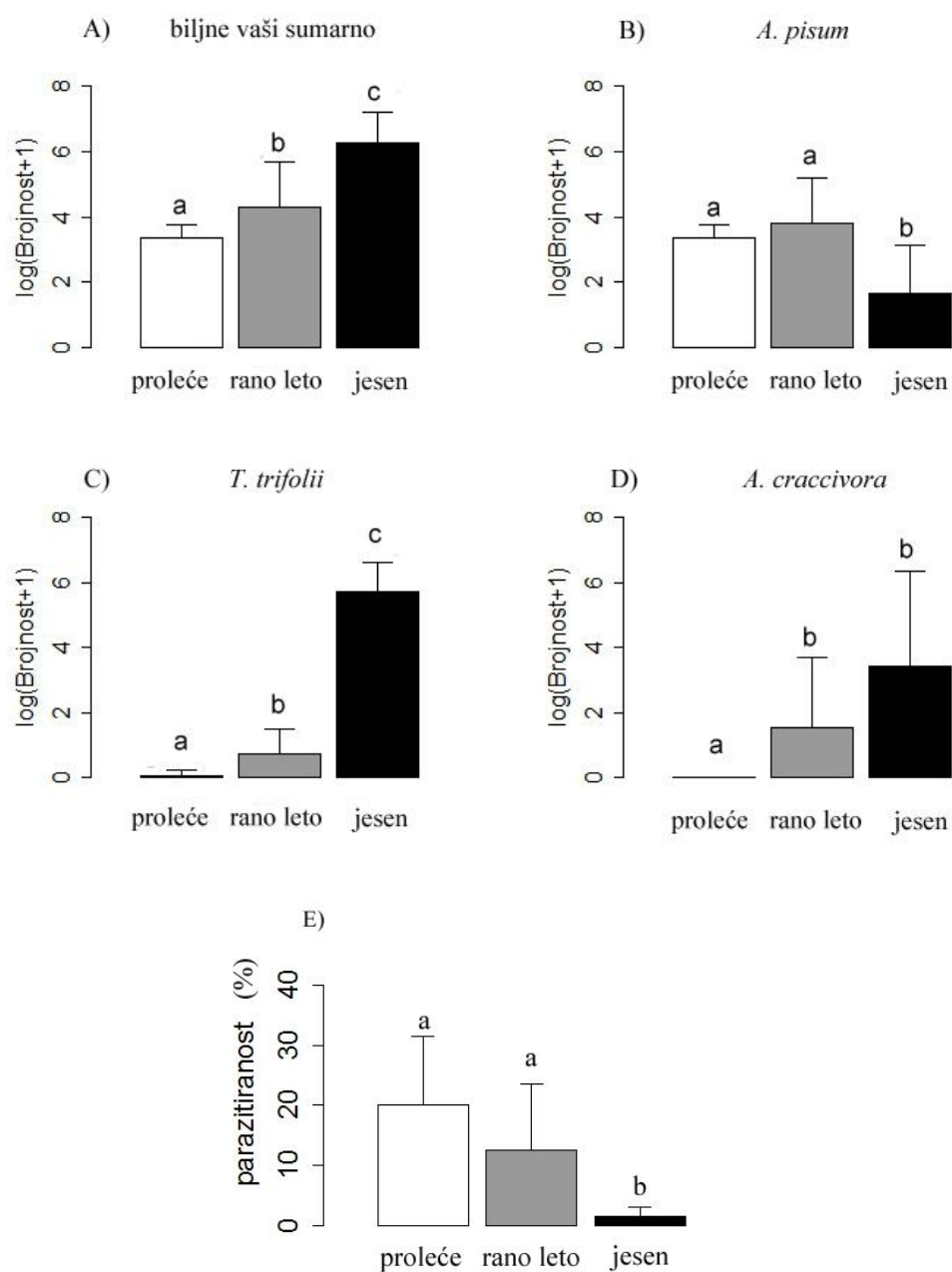
Tabela 33. Rezultati GLMM analize efekta sezone, uдела lucerke u predelu i Shannon-ovog indeksa diverziteta predela na stope primarnog parazitizma sumarno za sve tri vrste biljnih vašiju.

stope primarnog parazitizma svih biljnih vašiju sumarno za 2011				
	numDF	denDF	F-vrednost	p-vrednost
(Intercept)	1	20	159,05	<,0001
Sezona	2	20	36,27	<,0001 ***
P _L	1	10	2,64	0,135
SH _{INDEX}	1	10	0,15	0,707
Sezona x P _L	2	20	2,27	0,130
Sezona x SH _{INDEX}	2	20	0,84	0,448

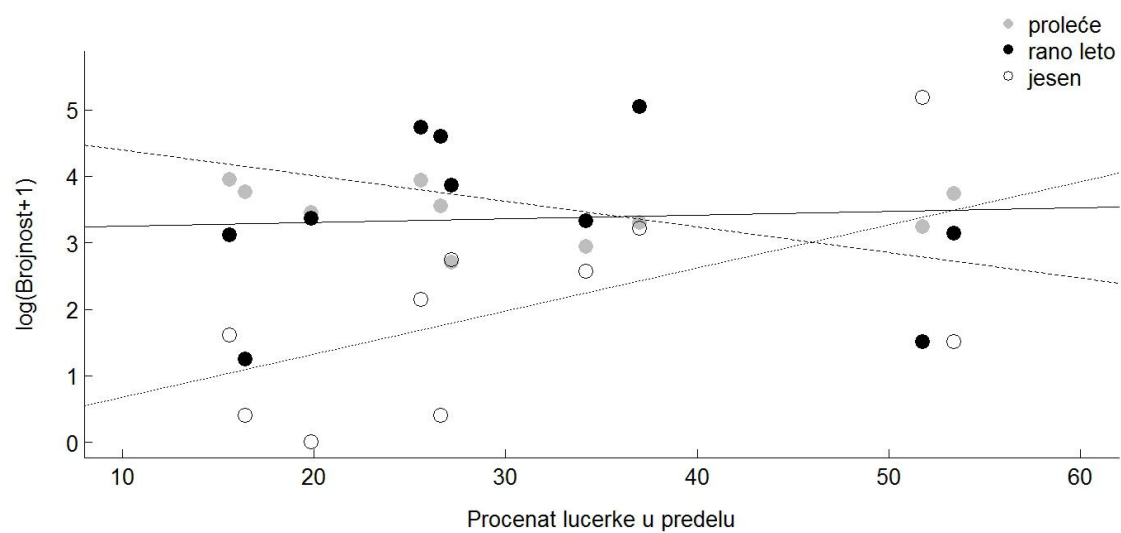
Statistička značajnost: *p <0,05; **p <0.01; ***p <0,001

PL – udeo lucerke u predelu prečnika 1 km

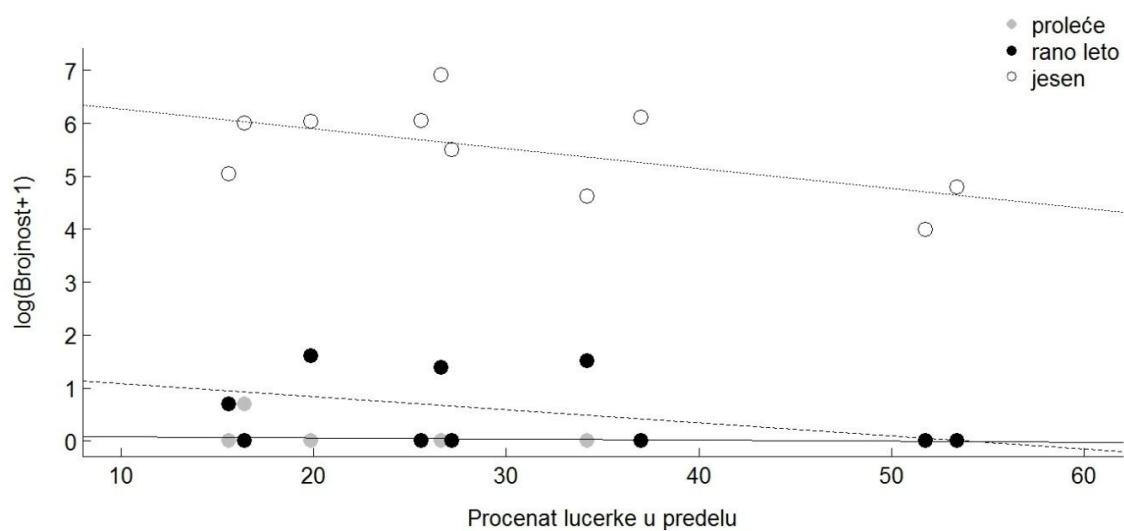
SHINDEX – Šenonov indeks diverziteta predela



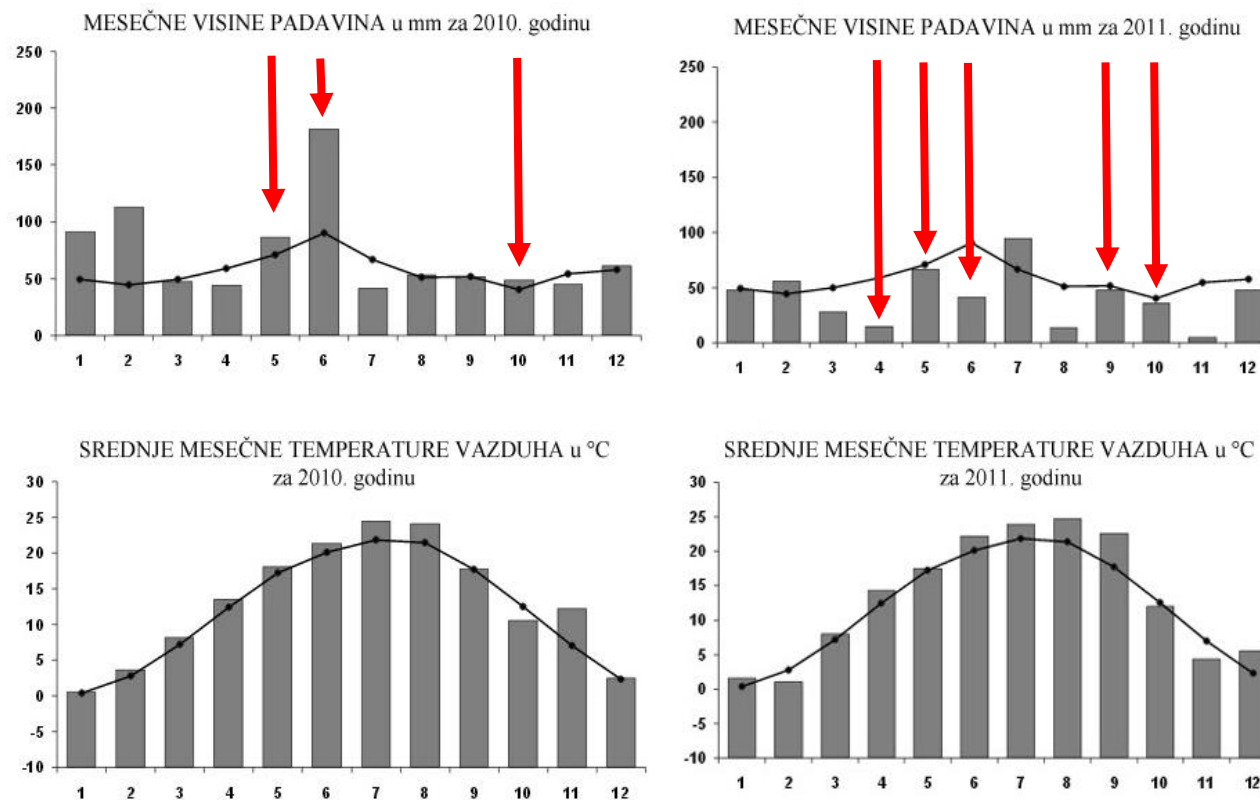
Slika 13. Brojnost biljnih vašiju po sezonama i stope primarnog parazitizma biljnih vašiju zbirno (srednja vrednost + SD): A) Brojnost biljnih vašiju sumarno, B) brojnost *A. pisum*, C) brojnost *T. trifolii*, D) brojnost *A. craccivora*, E) parazitiranost biljnih vašiju zbirno.



Slika 14. Interaktivni efekat sezone i udela lucerke u predelu na brojnosti *A. pisum*.



Slika 15. Efekat udela lucerke u predelu po sezonama na brojnosti *T. trifolii*.



Slika 16. Podaci RHMZ Srbije o mesečnim visinama padavina i srednjim mesečnim temperaturama za 2010. i 2011. godinu za Beograd u odnosu na prosek za period 1961-1990 (prosečne vrednosti za dati period na graficima su spojene krivom) (Republika Srbija, Republički hidrometeorološki zavod 2011, 2012). Crvenim strelicama označeni su meseci kada je vršeno prikupljanje uzoraka na terenu.

4.3 Taksonomsko-faunistička studija

Barkoding region COI gena, dužine 579 bp je umnožen za 11 primeraka vrste *Aphidius eadyi* koje pripadaju različitim fenotipovima (Tabela 7). Osnovnom analizom nukleotidskih mesta utvrđeno je postojanje velikih razlika između dve grupe sekvenci koje pripadaju različitim fenotipovima. Ukupno je utvrđeno postojanje 52 varijabilna mesta od čega je 50 informativno za parsimoniju, dok su samo dve tzv. singleton mutacije. Nukleotidna struktura svih sekvenci je veoma ujednačena, čime je isključeno postojanje pseudogena.

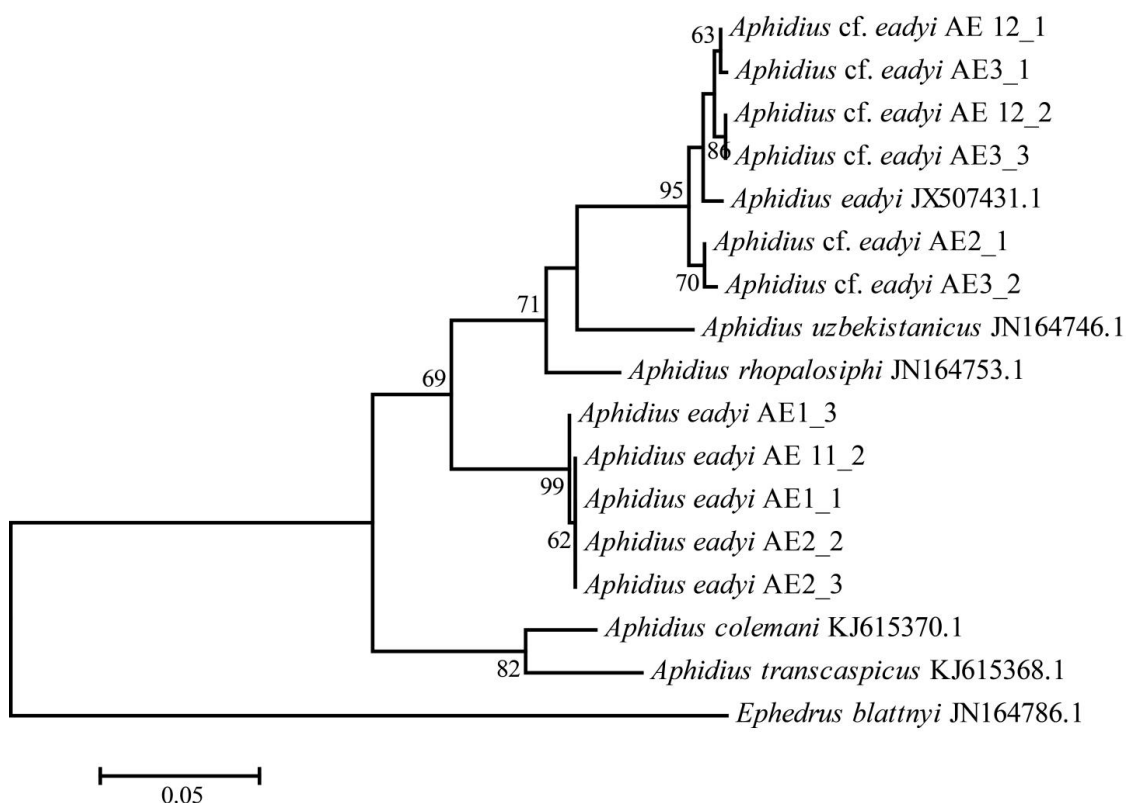
Razlike između analiziranih fenotipova *A. eadyi* vrste kao i razlike sa drugim vrstama roda *Aphidius* su kvantifikovane izračunavanjem K2P distanci (Tabela 34). Srednja vrednost distance između dva fenotipa je 8,3 % što znatno prevazilazi unutarspecijsku varijabilnost vrsta roda *Aphidius*. Unutargrupna varijabilnost je veoma mala za standardni *A. eadyi* fenotip (0,1 %). Samo jedna sekvenca se razlikuje u samo jednoj bazi. Sa druge, strane žuti fenotip *A. cf. eadyi* se odlikuje znatno većom genetičkom varijabilnošću tako da je srednja unutargrupna genetička distanca 1 %. Samo na osnovu analize genetičkih distanci može se zaključiti da se radi o različitim taksonima.

Tabela 34. Genetičke (K2P) distane između analiziranih fenotipova *Aphidius eadyi* vrste i drugih vrsta roda *Aphidius*.

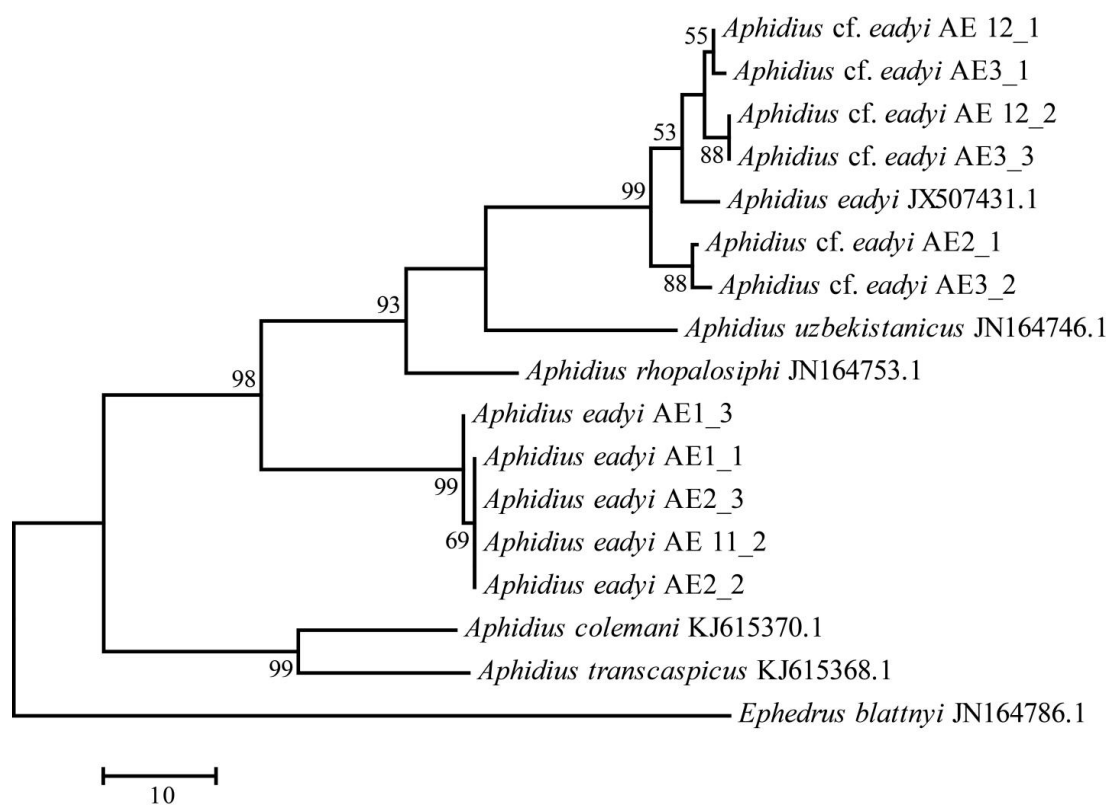
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
1	<i>Aphidius eadyi</i> AE 11 2																	
2	<i>Aphidius eadyi</i> AE1 1	0,000																
3	<i>Aphidius eadyi</i> AE2 2	0,000	0,000															
4	<i>Aphidius eadyi</i> AE2 3	0,000	0,000	0,000														
5	<i>Aphidius eadyi</i> AE1 3	0,002	0,002	0,002	0,002													
6	<i>Aphidius</i> cf. <i>eadyi</i> AE 12 1	0,081	0,081	0,081	0,081	0,079												
7	<i>Aphidius</i> cf. <i>eadyi</i> AE3 1	0,081	0,081	0,081	0,081	0,079	0,002											
8	<i>Aphidius</i> cf. <i>eadyi</i> AE 12 2	0,087	0,087	0,087	0,087	0,085	0,005	0,007										
9	<i>Aphidius</i> cf. <i>eadyi</i> AE2 1	0,085	0,085	0,085	0,085	0,083	0,014	0,016	0,012									
10	<i>Aphidius</i> cf. <i>eadyi</i> AE3 3	0,087	0,087	0,087	0,087	0,085	0,005	0,007	0,000	0,012								
11	<i>Aphidius</i> cf. <i>eadyi</i> AE3 2	0,083	0,083	0,083	0,083	0,081	0,014	0,016	0,016	0,003	0,016							
12	<i>Aphidius eadyi</i> JX507431	0,085	0,085	0,085	0,085	0,083	0,011	0,012	0,012	0,014	0,012	0,018						
13	<i>Aphidius uzbekistanicus</i> JN164746	0,084	0,084	0,084	0,084	0,083	0,062	0,063	0,065	0,062	0,065	0,062	0,063					
14	<i>Aphidius rhopalosiphi</i> JN164753	0,073	0,073	0,073	0,073	0,071	0,056	0,058	0,062	0,058	0,062	0,056	0,056	0,056				
15	<i>Aphidius colemani</i> KJ615370	0,102	0,102	0,102	0,102	0,100	0,108	0,108	0,110	0,108	0,110	0,108	0,110	0,112	0,100			
16	<i>Aphidius transcasicus</i> KJ615368	0,112	0,112	0,112	0,112	0,110	0,110	0,110	0,114	0,112	0,114	0,112	0,112	0,116	0,100	0,050		
17	<i>Ephedrus blattnyi</i> JN164786	0,198	0,198	0,198	0,198	0,196	0,205	0,205	0,211	0,209	0,211	0,207	0,209	0,214	0,193	0,196	0,196	

Rekonstrukcija filogenetskih odnosa između jedinki vrste *Aphidius eadyi* i drugih vrsta roda *Aphidius* je uređana pomoću tri različite metode i svakom metodom su dobijena stabla iste topologije (Slike 17 - 19).

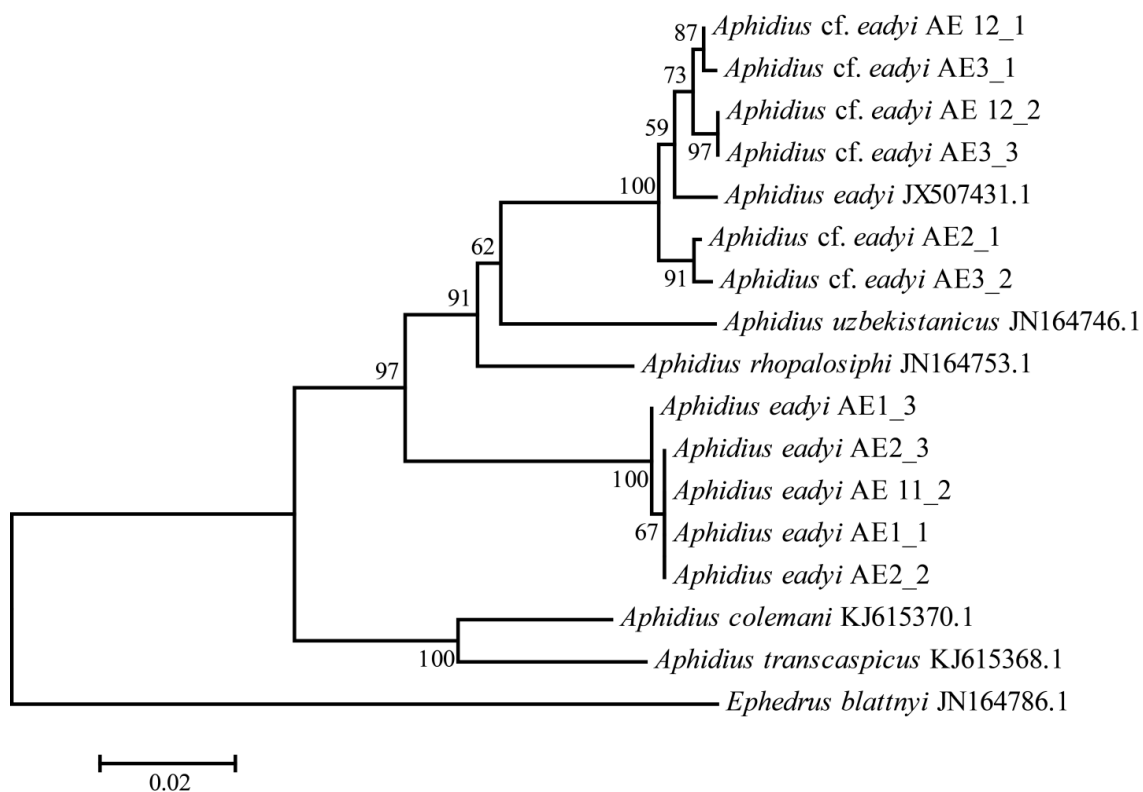
Na filogenetskim stablima se jasno uočava razdajanje dva *Aphidius eadyi* fenotipa što potvrđuje postojanje dva zasebna taksona. Primetno je da su analizirani fenotipovi bliži sa drugim vrstama roda *Aphidius* nego između sebe tj. pripadaju različitim evolutivnim linijama u okviru roda. Takođe, uočljiva je i sličnost *A. cf. eadyi* sekvenci sa sekvencom iz banke gena za takson označen kao *Aphidius eadyi*. Očigledno se radi o pogrešnoj identifikaciji primerka iz banke gena, tj. da je i ovde najverovatnije u pitanju sporni/kriptički takson.



Slika 17. Filogenetski odnosi *Aphidius eadyi* fenotipova u drugim vrsta roda *Aphidius* dobijeni ML metodom u modelu HKY+I. „Bootstrap“ podrška je prikazana u nivou grananja. Prikazane su samo vrednosti veće od 50%.



Slika 18. Filogenetski odnosi *Aphidius eadyi* fenotipova u drugih vrsta roda *Aphidius* dobijeni MP. „Bootstrap“ podrška je prikazana u nivou grananja. Prikazane su samo vrednosti veće od 50 %.



Slika 19. Filogenetski odnosi *Aphidius eadyi* fenotipova u drugih vrsta roda *Aphidius* dobijeni NJ. „Bootstrap“ podrška je prikazana u nivou grananja. Prikazane su samo vrednosti veće od 50 %.

5. Diskusija

5.1 Predeono-ekološka studija 1: okolina Smedereva

Kao što je pretpostavljeno u ovom istraživanju brojnije populacije biljnih vašiju su zabeležene u homogenim poljima pšenice u poređenju sa manje remećenim poljima lucerke i utrinama (Root 1973). Broj vrsta biljnih vašiju bio je niži u monokulturama (polja žita i lucerke) u poređenju sa napuštenim poljoprivrednim poljima. Intenzitet remećenja staništa na lokalnoj i predeonoj skali nije imao efekat na broj vrsta primarnih parazitoida, dok su se broj vrsta hiperparazitoida i stope hiperparazitizma povećavali sa povećanjem intenziteta remećenja staništa samo na nivou polja. Najviše stope primarnog parazitizma, najveća brojnost i broj vrsta predatora su zabeleženi u poljima lucerke. Važno je istaći da, iako se polja ozime pšenice, lucerke i utrine odlikuju različitim stepenom antropogenog remećenja, ti sistemi se odlikuju i drugačijim biljnim vrstama, koje podržavaju drugačije zajednice insekata. Ove dodatne razlike mogu da maskiraju efekat antropogenog remećenja. Analizama utvrđen i snažan negativni odgovor predatora u poljima lucerke na udeo jednogodišnjih kultura u predelu. Procenat površina pod poluprirodnom zeljastom vegetacijom u predelu nije imao uticaj ni na jednu zavisnu varijablu, dok je procenat površina pod žbunastom vegetacijom imao pozitivan uticaj na brojnost Hemiptera u svim poljima kao i na brojnost biljnih vašiju u poljima žita.

Poznato je da populacije insekata mogu značajno da variraju između različitih godina usled različitih sredinskih uslova (Cammell & Knight 1992, Wallner 1987, Chaplin-Kramer et al. 2013). Usled veoma zahtevnog uzorkovanja i kratkotrajne prirode polja pšenice, nije postojala mogućnost da se uzorkovanje izvrši više puta tokom sezone ili tokom godine. U tom smislu uočeni obrasci važe za vremenski period i područje istraživanja i rezultati treba da budu pažljivo interpretirani. I pored toga, rezultati ovog istraživanja ukazuju na značaj pažljivog razmatranja uloge različitih predeonih elemenata u zavisnosti od tipa staništa i grupe organizama.

Nasuprot uobičajenim očekivanjima, rezultati ovog istraživanja ne pružaju dokaz da udeo jednogodišnjih kultura u predelu doprinosi objašnjenju varijabilnosti u brojnosti biljnih vašiju, bogatstvu vrsta primarnih parazitoida ili stopama parazitiranosti. U brojnim prethodnim istraživanjima utvrđen je pozitivan uticaj procenta

nepoljoprivrednih površina i/ili negativni uticaj procenta površina pod kulturama u okolnim predelima na brojnost biljnih vašiju i primarni parazitizam u usevima (Gagić et al. 2011, Kruess et al. 2003, Martin et al. 2013, Plećaš et al. 2014, Roschewitz et al. 2005, Thies & Tschamtkke 1999).

Fauna biljnih vašiju u poljima pšenice se nije preklapala sa onima koje su nađene u poljima lucerke i utrinama, i stoga drugačija nepoljoprivredna staništa mogu da budu važna za njihov opstanak u predelu. Udeo žbunaste vegetacije u predelu je imao pozitivan efekat na brojnost biljnih vašiju u poljima pšenice, ali nije imao uticaj na biljne vaši u preostala dva tipa staništa. Polja pšenice, kao jednogodišnje monokulture, su intenzivno remećena i efemerna staništa, i brojnost biljnih vašiju u takvim staništima može u velikoj meri da zavisi od višegodišnjih predeonih elemenata u kojima prezimljuju (Östman et al. 2001, Veres et al. 2013). U poljima žita, *Metopolophium dirhodum* je vrsta biljne vašiju čiji se primarni biljni domaćin javlja u okviru fam. *Rosaceae*, koja uključuje česte žbunaste vrste u proučavanim predelima. Sa druge strane, populacije biljnih vašiju u poljima lucerke i utrinama mogu biti u većoj meri nezavisne od promena u predelu, jer trajnija priroda tih staništa pruža veću stabilnost populacijama insekata. Dalje, u ovom istraživanju nije uočen efekat predeonih varijabli na bogatstvo vrsta primarnih parazitoida i hiperparazitoida, što je u saglasnosti sa rezultatima prethodnih studija (Gagić et al. 2011, Vollhardt et al. 2008) i što vodi ka zaključku da jednostavni predeli pružaju dovoljno resursa da podrže sličan broj vrsta kao kompleksni predeli.

Na primarni parazitizam i hiperparazitizam jedino je tip staništa imao uticaj. U eksperimentu sa kavezima Martin et al. (2013) su pokazali da se antagonističke interakcije između prirodnih neprijatelja povećavaju sa povećanjem procenta poluprirodnih staništa u predelu, čime se maskiraju efekti predela na stope parazitizma. Ovaj mehanizam nudi potencijalno objašnjenje odsustva bilo kakvog efekta predela na stope parazitizma u sprovedenom istraživanju. Stope primarnog parazitizma su bile najviše u poljima lucerke i najniže u poljima pšenice, dok su stope hiperparazitizma bile najviše u poljima pšenice u poređenju sa druga dva tipa staništa. Niske stope primarnog parazitizma u poljima žita mogu se javiti usled disperzije ženki parazitoida, bez eksploatacije brojne populacije domaćina, a u slučaju kada su izložene visokom pritisku

hiperparazitoida (strategija “širenja rizika” – engl. “spreading the risk strategy”) (Mackauer & Völkl 1993). Niske stope primarnog parazitizma i hiperparazitizma u starim, zapuštenim i najmanje narušenim poljima se mogu objasniti visokom strukturnom kompleksnošću biljaka, za koju je utvrđeno da smanjuje sposobnost parazitoida da pronađu domaćina (Andow & Prokrym 1990). Dobijeni rezultati su u saglasnosti sa Scherber et al. (2010) koji su došli do zaključka da diverzitet biljaka ima negativni “bottom-up” efekat na brojnost hiperparazitoida, a time posledično i na stope hiperparazitizma. Zanimljivo je da stope hiperparazitizma prate isti trend kao i bogatstvo vrsta hiperparazitoida, dok se u slučaju stope primarnog parazitizma i bogatstva vrsta primarnih parazitoida takva veza ne uočava. Stope primarnog parazitizma su bile daleko ispod praga za biološku kontrolu (Hawkins & Cornell 1994, Plećaš et al. 2014) u svim tipovima staništa i bile su u okviru uobičajenih opsega stopa parazitizma (1 % - 10 %) (Mackauer & Völkl 1993, Tomanović et al. 2008).

Kompleksna staništa odlikuju se većim diverzitetom vrsta u poređenju sa jednostavnim staništima (Lawton & Strong 1981, Atwood et al. 2008). Suprotno očekivanju, broj vrsta primarnih parazitoida se nije razlikovao između 3 tipa odabranih polja, dok se broj vrsta hiperparazitoida povećavao sa povećanjem stepena narušenosti staništa. Iako je broj vrsta biljnih vašiju bio znatno viši u utrinama nego u druga dva tipa polja, to nije rezultovalo višim diverzitetom primarnih parazitoida, ukazujući na to da diverzitet primarnih parazitoida nije određen “bottom-up” efektom diverziteta resursa, već nekim drugim faktorima. Sa druge strane, bogatstvo vrsta hiperparazitoida blisko prati trend brojnosti biljnih vašiju; u tom slučaju dostupnost resursa, a ne njihov diverzitet, utiče na vrste hiperparazitoida koje su u većoj meri generalisti, dok nema uticaj na primarne parazitoide, koji su u većoj meri specijalisti. Sastav vrsta primarnih partazitoida u poljima pšenice se u potpunosti razlikovao u odnosu na druga dva tipa polja. Ovaj trend je jasna posledica razlika u fauni biljnih vašiju između 3 tipa polja. Sa druge strane, veći stepen preklopa vrsta između ovih staništa je uočen u slučaju hiperparazitoida i Coccinellidae, koji su u većoj meri generalisti.

Brojnost predatora biljnih vašiju (Coccinellidae i Hemiptera) je bila najviša u poljima lucerke i najniža u poljima pšenice. Lucerka, kao višegodišnja kultura, u poređenju sa jednogodišnjim usevima, je izložena narušavanjima manjeg intenziteta i

trebalo bi da bude sličnija poluprirodnim staništima, u pogledu brojnosti i diverziteta prirodnih neprijatelja (Landis et al. 2000). Viša brojnost prirodnih neprijatelja u poljima lucerke nego u utrinama može biti uslovljena većom dostupnošću plena u poljima lucerke (Koh & Holland 2015). Dalje, procenat poljoprivrednih površina u predelu ima negativan efekat na brojnost predatora i bogatstvo vrsta bubamara u poljima lucerke. Ovi rezultati su saglasni sa rezultatima Grez et al. (2014), koji su takođe zabeležili negativan efekat pojednostavljenja predela na brojnost i bogatstvo vrsta bubamara u poljima lucerke. Woltz & Landis (2014) su došli do zaključka da prisustvo bubamara u poljima soje zavisi od nekoliko međusobno korelisanih predeonih karakteristika istakavši da je razumevanje njihovog nezavisnog uticaja neophodno za postizanje bolje kontrole. U utrinama procenat poljoprivrednih površina u predelu je imao pozitivan efekat na brojnost bubamara, ali ne i na brojnost predatorskih Hemiptera. Povećanje brojnosti bubamara u utrinama sa pojednostavljenjem predela se može objasniti time da se u uslovima intenzivnih agrotehničkih mera bubamare iz useva sklanjaju u manje narušena staništa kao što su utrine (Collinge & Forman 1998). U istraživanom području utrine su bile dominantan tip travnatih zajednica. Rand & Louda (2006) su našli da bubamare imaju 6 puta veću brojnost u travnim zajednicama u pojednostavljenim predelima u poređenju sa travnim zajednicama u kompleksnim predelima. Sa druge strane, pojednostavljenje predela nije imalo uticaj na brojnost predatorskih Hemiptera u utrinama. Koh i Holland (2015) su našli da šumska staništa mogu biti važan funkcionalan tip staništa u predelu za predatorske stenice, pa utrine za njih imaju mali značaj kao refugijalna staništa, za razliku od bubamara. U prilog ovoj tvrdnji ide i činjenica da je analizama utvrđen pozitivan efekat procenta žbunaste vegetacije u predelu na opštu brojnost predatorskih stenica (nezavisno od tipa polja), što vodi ka zaključku da je ovaj predeoni element značajan kako za prisustvo prirodnih neprijatelja u različitim staništima, tako i za štetočine u poljima žita (videti Alignier et al. 2014). U poljima pšenice nije zabeležen efekat predela na brojnost i bogatstvo vrsta predatora, najverovatnije usled njihovih veoma niskih brojnosti. Nasuprot tome, Elliott et al. (1999) su ustanovili da procenat nepoljoprivrednih površina u predelu ima snažan pozitivan uticaj na brojnost afidofagnih predatora (Coccinellidae, Chrysopidae, Nabidae) i ukupno bogatstvo predatora u poljima pšenice.

5.2 Predeono-ekološka studija 2: područje Pančevačkog rita

U toku dvogodišnjeg istraživanja na području Pančevačkog rita zabeleženo je prisustvo tri vrste biljnih vašiju u poljima lucerke: *A. craccivora*, *A. pisum* i *T. trifolii*. Relativna zastupljenost pojedinačnih vrsta se razlikovala između dve godine kao i tokom različitih sezonskih aspekata u 2010. godini. Tokom 2010. *A. craccivora* gotovo da nije bila prisutna u poljima (ukupno sakupljeno 24 jedinke), dok je u 2011. bila druga u pogledu ukupne relativne brojnosti (ukupno sakupljeno 11186 jedinki). U skladu sa rezultatima prethodnih studija sa ovog područja (Tomanović et al. 1996), *A. pisum* je u obe godine istraživanja bila najbrojnija vrsta vašiju zabeležena je u sve tri sezone.

Rezultati istraživanja na području Pančevačkog rita tokom 2010. godine nisu ukazali na efekte sezonskih promena na brojnosti biljnih vašiju. Sa druge strane, tokom 2011. godine postoji jasan trend povećanja ukupne brojnosti biljnih vašiju idući od prolećnog prema jesenjem aspektu. Na nivou pojedinačnih vrsta *A. pisum* se odlikovala suprotnim trendom, pri čemu su znatno više brojnosti uočene tokom proleća i ranog leta u poređenju sa jesenjim aspektom. Uočeni trend brojnosti *A. pisum* je u saglasnosti sa rezultatima prethodnih istraživanja populacione dinamike ove vaši (Starý 1974a, Tomanović 1994). Niži temperaturni zahtevi za razviće zelene lucerkine vaši (donji temperaturni prag 5.5 °C) u poređenju sa temperaturnim zahtevima njihovih parazitoida (donji temperaturni prag 6-7°C) omogućuju ovim vašima da tokom ranog proleća uspostave više brojnosti (Campbell & Mackauer 1975). *A. pisum* maksimalne brojnosti postiže tokom prolećnog i ranog letnjeg perioda, ali može biti brojna i tokom jeseni, kada obično ne dovodi do ekonomske štete (Berberet et al. 1983, Fenton 1958, Capinera 2001, Starý 1974a, Tomanović 1994). Suprotno, *T. trifolii* je mnogo brojnija tokom leta i jeseni, mada u pojedinim godinama može da se javi u velikim brojnostima rano s proleća nakon blagih zima usled prezimljavanja velikog broja adolata i nimfi (Berberet et al. 1983). Za razliku od prethodne dve vrste *A. craccivora* se u poljima lucerke pojavljuje sporadično i više brojnosti mogu da se jave u letnjem i jesenjem periodu i to samo u pojedinim godinama (Pons et al. 2011).

Razlike u pogledu trendova brojnosti biljnih vašiju između dve analizirane godine su najverovatnije rezultat razlika u količini padavina (Slika 16), koje su se

znatno razlikovale: prosečna godišnja količina padavina za 2010. iznosila je 865.5 mm, a za 2011. godinu 499.1 mm (RHMZS). Prethodna istraživanja potvrđuju da brojnosti biljnih vašiju mogu znatno da variraju između godina zbog varijabilnih temperaturnih uslova i količine padavina (Starý 1974a, Graham 1959, Nielson & Barnes 1961, Cooke 1963, Cocu et al. 2005, Pons et al. 1993, Pons et al. 2011). Padavine, pored direktnog mehaničkog dejstva na biljne vaši, pogoduju razvoju patogenih gljiva i u velikoj meri mogu da onemoguće rast populacija biljnih vašiju (Graham 1959, Nielson & Barnes 1961). Obimne padavine naročito tokom maja i juna tokom 2010. godine (Slika 16) mogu da objasne odsustvo očekivanog prolećnog i ranog letnjeg perioda porasta brojnosti *A. pisum*.

Tokom 2010. godine stope primarnog parazitizma u sva tri slučaja (brojnost biljnih vašiju sumarno, *A. pisum*, *T. trifolii*) su bile najviše u periodu ranog leta. Tokom 2011. godine stope parazitiranosti za biljne vaši sumarno su bile značano više tokom proleća i ranog leta u poređenju sa jesenjim aspektom. Oporavak parazitoida nakon nepovoljnog letnjeg perioda (visok nivo sunčevog zračenja, visoke temperature, niska vlažnost, košenje) se dešava sa znatnim kašnjenjem u odnosu na biljne vaši, ponekad tek na kraju jeseni (Starý 1974a). Međutim, kao i u slučaju brojnosti biljnih vašiju lucerke, trend primarnog parazitizma može da varira između godina, ali i između lokaliteta, jer je dinamika parazitoida uslovljena nizom faktora (temperatura, vlažnost, košenje, odnos polova u prvoj prolećnoj generaciji, stepen parazitiranosti u jesen prethodne godine itd.) (Tomanović 1994). Stope parazitiranosti su se u periodu ranog leta kretale u veoma širokom rasponu od 0 do 25 % u 2010. i od 3 do 40 % u 2011. godini, ali u većini polja parazitiranost je bila ispod 10% tokom obe godine (6 od 9 polja tokom 2010.; 9 od 12 polja tokom 2011.), što je daleko ispod nivoa za efikasnu kontrolu brojnosti biljnih vašiju (Hawkins & Cornell 1994, Plećaš et al. 2014).

Rezultati istraživanja iz 2010. godine nisu potvrdili polazne pretpostavke da brojnosti biljnih vašiju i intenzitet parazitizma zavise od predeone kompleksnosti niti od interakcije između kompleksnosti predela i sezone. Međutim, rezultate istraživanja iz te godine treba tumačiti sa rezervom zbog velike količine padavina. Postoji izvestan broj studija u kojima takođe nije potvrđen efekat predela na brojnosti biljnih vašiju (Vollhardt et al. 2008, Caballero-López et al. 2012, Pons et al. 2013). Sa druge strane,

brojni su radovi u kojima je uočen pozitivan ili negativan efekat predela na brojnosti biljnih vašiju (Gagić et al. 2011, Kruess et al. 2003, Martin et al. 2013; Plećaš et al. 2014, Roschewitz et al. 2005, Thies & Tschardt 1999). Isto tako, Menalled et al. (2003) su pokazali da procenat parazitizma u kompleksnim predelima može da bude viši, jednak ili niži u poređenju sa jednostavnim predelima tokom različitih godina. Efekat predela može biti maskiran time što biljne vaši lucerke i njihovi parazitoidi (sa izuzetkom *A. ervi*, *A. craccivora* i njenog kompleksa parazitoida) ne zavise od diverziteta predela, već od dostupnosti staništa za koje su svojim životnim ciklusom usko vezane. Pons et al. (2013) su došli do zaključka da je parazitiranost zelene lucerkine vaši korelisana pozitivno sa udelom polja pšenice u neposrednom okruženju samo u vreme nakon drugog košenja lucerke, što se poklapa sa periodom žetve u poljima žita. *A. ervi* parazitira vaši iz oba agroekosistema i nakon uklanjanja pšenice ona adekvatnog domaćina pronalazi upravo u okolnim poljima lucerke.

Rezultati istraživanja iz 2011. godine su saglasni sa polaznom pretpostavkom da brojnosti monoecičnih vrsta, *A. pisum* i *T. trifolii*, u poljima zavisi od udela lucerke u predelu, dok u slučaju *A. craccivora* taj efekat nije uočen kao što je i očekivano. Takođe, utvrđeno je da brojnosti biljnih vašiju kao ni parazitizam ne zavise od diverziteta predela. Pitanje je u kojoj meri poluprirodna staništa, koja uključuju druge biljne domaćine za *A. pisum* i *T. trifolii*, mogu služiti kao njihova žarišta, sa obzirom na postojanje visoko specijalizovanih rasa u okviru ovih vrsta (Peccoud et al. 2009, Sunnucks et al. 1997).

U slučaju *T. trifolii* zapažen je negativni efekat udela lucerke u predelu na brojnosti u svim sezonama, izuzev proleća kada nije zabeleženo prisustvo ove vaši. Dodatnim analizama je utvrđeno da je u predelima obuhvaćenim istraživanjem veličina polja bila korelisana sa udelom lucerke u predelu (Pearsonov koeficijent korelacije $r = 0.55$). Uočeni efekat udela lucerke na brojnosti biljnih vašiju može biti posledica efekta veličine polja na brojnost biljnih vašiju (Kareiva 1983, Haynes & Crist 2009). Iako brojnosti biljnih vašiju nisu bile korelisane sa veličinom polja, ne može se sa sigurnošću tvrditi da su uočeni trendovi posledica samo karakteristika predela. Kako bi se u potpunosti razgraničili efekti predela i veličine polja potreban je dizajn u kojem veličina polja neće biti korelisana sa predeonim karakteristikama od interesa. Još jedan faktor,

koji može imati veliki uticaj na zastupljenost vrsta u poljima lucerke, je stepen usaglašenosti košenja polja lucerke u predelu. Sinhronizovano košenje polja lucerke u čitavom području negativno utiče na veličinu metapopulacija, a time i na mogućnost rekolonizacije pokošenih polja, naročito od strane vrsta specijalizovanih za taj tip staništa (*A. pisum*, *T. trifolii*). U istraživanom području predeli sa velikim udelom lucerke su locirani na području PKB korporacije, gde je košenje polja u velikoj meri vremenski ujednačeno. Međutim, interaktivni efekat sezonskih promena i udela lucerke u predelu kod *A.pisum* tokom jeseni ima suprotan trend u poređenju sa *T. trifolii*. Razlozi različitog odgovora ove dve vrste ostaju u velikoj meri nejasni.

Zabeleženo je ukupno 13 vrsta hiperparazitoida tokom dve godine istraživanja na lucerki, što je znatno više u poređenju sa do sada poznatim kompleksima hiperparazitoida biljnih vašiju lucerke (Tomanović 1998, Pons et al. 2011). Takođe, otkrivena je i nova vrsta za nauku *Alloxysta kovilovica*, koja je kasnije pronađena i u uzorcima biljnih vašiju sa pšenice (Ferrer-Suay et al. 2013). U pogledu relativne zastupljenosti izdvajaju se: *Asaphes suspensus*, *Dendrocerus aphidum*, *Syrphophagus aphidivorus* i *Pachyneuron aphidis*. Dve vrste su bile zajedničke za sve tri vrste biljnih vašiju *Alloxysta brevis* i *Syrphophagus aphidivorus*. Mogućnost indirektnih interakcija između vrsta biljnih vašiju lucerke se ostvaruje upravo posredstvom predatora i hiperparazitoida (Slika 12) (Pons et al. 2011). Način na koji diverzitet predela utiče na 4. trofički nivo u agroekosistemima je veoma slabo proučen (Gagić et al. 2011, Rand et al. 2012). Nažalost, u sprovedenom istraživanju nije sakupljen dovoljno veliki uzorak hiperparazitoida za testiranje efekata predeonog konteksta.

Iako je lucerka monokultura, ona se razlikuje od drugih useva po svom višegodišnjem karakteru usled čega može da služi kao rezervoar prirodnih neprijatelja i za druge okolne agroekosisteme (Pons et al. 2005, Summers 1998). Rezultati istraživanja iz dve različite godine se znatno razlikuju, tako da je za razumevanje efekta predela na biljne vaši lucerke i njihove parazitoide neophodno dugogodišnje istraživanje, ali i razumevanje interakcija sa drugim članovima biocenoze.

5.3 Taksonomsko-faunistička studija

Na osnovu filogenetskih analiza fenotipski žuta forma *A. cf. eadyi* se u odnosu na *A. eadyi* jasno izdvaja kao zaseban takson. Razlike u pogledu obojenosti su prisutne samo u slučaju ženki, dok su mužjaci tamnije obojeni i fenotipski se ne mogu razlikovati od mužjaka *A. eadyi*, što je uobičajeno i za druge vrste roda *Aphidius* (Starý 1973, Tomanović et al. 2003). Postojanje ove specifične svetlije forme primećeno je još i u Sloveniji i Grčkoj (usmena komunikacija). Obojenost tela je nepouzdan karakter i može veoma da varira u zavisnosti od temperaturnih uslova i geografske distribucije (Starý et al. 1980), međutim u ovom slučaju molekularne analize nesumljivo pokazuju da se radi o zasebnoj vrsti.

Dobijeni rezultati otvaraju nova pitanja o rasprostranjenju i identifikaciji vrsta *Aphidius* kompleksa. Moguće je da se radi o vrsti *A. smithi*, koja je krajem osamdesetih godina prošlog veka introdukovana u severnu Italiju radi kontrole zelene lucerkine vaši, *A. pisum* (P. Starý - komunikacija). Njeno prisustvo u Italiji je evidentirano u radu Pennacchio (1989). Nakon toga ne postoje podaci o prisustvu *A. smithi* u Evropi. Na osnovu morfoloških karakteristika, žuti fenotip *A. cf. eadyi* je veoma blizak sa *A. smithi*. Ukoliko se zaista radi o *A. smithi*, onda je rasprostranjenje ove vrste još šire, što može da se zaključi na osnovu visoke sličnosti sa sekvencom iz banke gena koja potiče iz Engleske. Sa druge strane, postoji još jedna vrsta *Aphidius staryi* iz istočnog Mediterana (Izrael, Turska), koja ispoljava visok stepen morfološke sličnosti sa *A. eadyi* i *A. smithi* (Chen et al. 1990, Nichols 1995). Vrlo je verovatno da postoji više od jedne kriptičke vrste u okviru *A. eadyi* / *A. smithi* kompleksa (Atanassova et al. 1998, Unruh et al. 1989). Potrebne su dodatne molekularne analize, koje bi obuhvatile materijal iz drugih zemalja, da se rasvetlili ova taksonomski sporna situacija i utvrdi da li se radi o već poznatoj vrsti, koja je proširila svoj areal, ili je u pitanju nova kriptička vrsta do sada nepoznata za nauku.

Na osnovu materijala prikupljenog tokom trogodišnjeg istraživanja zabeleženo je prisustvo 3 nova taksona. Utvrđeno je prisustvo nove za nauku vrste hiperparazitoida *Alloxysta kovilovica* (Ferrer-Suay & PujadeVillar, 2013), kao i novog roda (*Ammiaphis*)

i dve nove vrste biljnih vašiju za faunu Srbije (*Ammiaphis sii* (Koch) i *Aphis jacobaeae* Schrank). Pored doprinosa poznavanju faune istraživanog regiona ovi nalazi ističu i značaj pouzdane taksonomske identifikacije u ekološkim istraživanjima, od čega zavisi i interpretacija rezultata i donošenje zaključaka, naročito u pogledu diverziteta vrsta u agroekosistemima, njihovim interakcijama i potencijalnom značaju u biološkoj kontroli.

6. Zaključci

Ispitivanjem funkcionalne uloge različitih tipova staništa na lokalnoj i predeonoj skali, utvrđeno je da zastupljenost žbunaste vegetacije ima isti efekat na polifagne predatore i štetočine (biljne vaši) u usevima sa većim intenzitetom remećenja (pšenica), dok udeo poluprirodne zeljaste vegetacije u predelu nije imao efekat ni na jednu grupu organizama. Ovaj obrazac nije moguće uočiti ukoliko se sva polu-prirodna staništa zbirno predstavljaju kao jedinstvena predeona komponenta. Rezultati ovog istraživanja ukazuju na to da istraživanje funkcionalnosti različitih tipova staništa mora biti uzeta u obzir u predeonoj ekologiji, posebno u kontekstu značaja za štetočine i njihove prirodne neprijatelje (videti Fahrig et al. 2011). Procenat useva u predelu imao je različiti uticaj na različite grupe predatora u različitim tipovima staništa. Stoga, odluke o upravljanju poljoprivrednim predelima moraju da se donose u zavisnosti od ciljnih organizama i prisutnih tipova staništa, kao i ciljanih useva.

Ekosistemske kontra-usluge (kroz pritisak štetočina i hiperparazitizam) bile su najviše izražene u poljima pšenice, koja se odlikuju intenzivnom primenom agrotehničkih mera, dok su korisni organizmi (primarni parazitoidi i predatori) brojniji u manje remećenim staništima, naročito u poljima lucerke. Rezultati ovog istraživanja bliže su objasnili neke bitne obrasce uticaja predeonih karakteristika na bogatstvo vrsta i funkcionisanje ekosistema: (a) ukoliko je lucerka dominantan usev u poljoprivrednom predelu, očuvanje žbunaste vegetacije u okruženju bi trebalo da unapredi efektivnost delovanja prirodnih neprijatelja u ovom staništu; (b) ukoliko je dominantan usev pšenica, prisustvo žbunaste vegetacije može da poveća pritisak biljnih vaši u poljima pšenice. Ovakvi zaključci mogu doprineti adekvatnijem upravljanju poljoprivrednim predelima, uz razumnu dozu rezerve zbog kratkog perioda istraživanja i ograničene mogućnosti kontrolisanja svih faktora koji utiču na fitofagne insekte, parazitoidne i predatore.

Potvrđeno je da multifunkcionalni pristup upravljanju poljoprivrednim predelima, koji uzima u obzir interakcije različitih tipova staništa na lokalnoj i predeonoj skali i njihove efekte na štetočine i prirodne neprijatelje, nosi u sebi potencijal da obezbedi bolje ekosistemske usluge za veći broj agroekosistema

istovremeno. Međutim, funkcionalni značaj pojedinih predeonih elemenata u kontekstu *source-sink* populacione dinamike za članove životne zajednice u različitim prostorno bliskim staništima potrebno je proceniti i u odnosu na vremensku varijabilnost sistema.

Analizom značaja predeonog konteksta i sezone dinamike za biljne vaši i primarne parazitoide u poljima lucerke utvrđeni su sledeći efekti: (a) brojnost biljnih vašiju sezonski veoma varira između godina, kao i između vrsta; (b) stope primarnog parazitizma tokom obe godine istraživanja bile su najviše u ranom letnjem periodu; (c) na predeonoj skali, brojnost biljnih vašiju lucerke ne zavisi od udela jednogodišnjih kultura i diverziteta predela, već od dostupnosti staništa za koje su svojim životnim ciklusom usko vezane. Sa druge strane, nijedna ispitivana predeona karakteristika nije imala uticaj na efikasnost primarnih parazitoida u kontroli brojnosti biljnih vašiju.

Morfološkim i molekularnim analizama utvrđeno je prisustvo kriptičke vrste u okviru *Aphidius* kompleksa zelene lucerkine vaši na području Srbije. Buduće analize razjasniće da li se radi o širenju areala orijentalne vrste *A. smithi*, koje se na području Evrope dešava neprimetno usled velike morfološke sličnosti sa *A. eadyi*, ili je u pitanju takson nov za nauku.

Otkrivena je i opisana za nauku nova vrsta hiperparazitoida, *Alloxysta kovilovica*, u uzorcima biljnih vašiju sa lucerke na području Pančevačkog rita. Prisustvo ove vrste je potvrđeno i u drugom tipu agroekosistema (pšenica) tokom istraživanja u okolini Smedereva (Ferrer-Suay et al. 2013). Faunistički doprinos sprovedenog istraživanja uključuje i otkriće jednog novog roda (*Ammiaphis*) i dve nove vrste biljnih vašiju za faunu Srbije: *Ammiaphis sii*, koja je nađena na biljci *Falcaria vulgaris* i *Aphis jacobaeae*, koja je nađena na biljci *Senecio jacobea*. Zabeleženo je ukupno 13 vrsta hiperparazitoida u trofičkom kompleksu biljnih vašiju lucerke, što je znatno više u odnosu na do sada dokumentovane komplekse kod ove kulture.

7. Literatura

- Adriaens, T., E. Branquart, and D. Maes. 2003. The multicoloured Asian ladybird *Harmonia axyridis* Pallas (Coleoptera: Coccinellidae), a threat for native aphid predators in Belgium? *Belgian Journal of Zoology* **133**:195-196.
- Aiken, L. S., and S. G. West. 1991. Multiple regression: testing and interpreting interactions. Sage, Newbury Park, California, USA.
- Aleksić, P., and S. Vučićević. 2006. Šumovitost Srbije. *Šumarstvo* **3**:177-184.
- Alignier, A., L. Raymond, M. Deconchat, P. Menozzi, C. Monteil, J.-P. Sarthou, A. Vialatte, and A. Ouin. 2014. The effect of semi-natural habitats on aphids and their natural enemies across spatial and temporal scales. *Biological Control* **77**:76-82.
- Allen, T. F. H., R. V. O'Neill, and T. W. Hoekstra. 1984. Interlevel relations in ecological research and management: some working principles from hierarchy theory. Technical Report. Rocky Mountain Forest and Range Experiment Station, Forest Service, United States Department of Agriculture, USA.
- Allen, T. F. H., & Starr, T. B. (1982). Hierarchy: perspectives for ecological complexity. University of Chicago Press, Chicago, Illinois, USA.
- Altieri, M. A. 1999. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **74**:19-31.
- Altieri, M. A., and D. K. Letourneau. 1982. Vegetation management and biological control in agroecosystems. *Crop Protection* **1**:405-430.
- Altieri, M., and C. Nicholls. 2004. Biodiversity and pest management in agroecosystems. 2nd edition. The Haworth Press, Binghamton, New York, USA.
- Altieri, M. A., and P. Rosset. 1996. Agroecology and the conversion of large-scale conventional systems to sustainable management. *International Journal of Environmental Studies* **50**:165-185.
- Alvarez, J. M., and M. A. Hoy. 2002. Evaluation of the ribosomal ITS2 DNA sequences in separating closely related populations of the parasitoid *Ageniaspis* (Hymenoptera: Encyrtidae). *Annals of the Entomological Society of America* **95**:250-256.
- Anderson, M. J. 2001. A new method for non-parametric multivariate analysis of variance. *Austral Ecology* **26**:32-46.

- Andow, D., and D. Prokrym. 1990. Plant structural complexity and host-finding by a parasitoid. *Oecologia* **82**:162-165.
- Andow, D. A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. *Annual Review of Entomology* **36**:561-586.
- Antonović G, M. Bogdanović, Ž. Živanović, R. Ćorović, and R. Trifunović. 1978. Zemljišta područja Beograda južno od Save i Dunava. Gradski geodetski zavod, Beograd.
- Atanassova, P., C. Brookes, H. Loxdale, and W. Powell. 1998. Electrophoretic study of five aphid parasitoid species of the genus *Aphidius* (Hymenoptera: Braconidae), including evidence for reproductively isolated sympatric populations and a cryptic species. *Bulletin of Entomological Research* **88**:3-13.
- Attwood, S., M. Maron, A. House, and C. Zammit. 2008. Do arthropod assemblages display globally consistent responses to intensified agricultural land use and management? *Global Ecology and Biogeography* **17**:585-599.
- Batáry, P., A. Báldi, D. Kleijn, and T. Tscharntke. 2011. Landscape-moderated biodiversity effects of agri-environmental management: a meta-analysis. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* **278**:1894-1902.
- Batáry, P., A. Holzschuh, K. M. Orci, F. Samu, and T. Tscharntke. 2012. Responses of plant, insect and spider biodiversity to local and landscape scale management intensity in cereal crops and grasslands. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **146**:130-136.
- Bennett, A. F., and D. A. Saunders. 2010. Habitat fragmentation and landscape change. Pages 88-106 in N. S. Sodhi and P. R. Ehrlich. *Conservation biology for all*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Berberet, R., D. Arnold, and K. M. Soteris. 1983. Geographical occurrence of *Acyrtosiphon kondoi* Shinji in Oklahoma and its seasonal incidence in relation to *Acyrtosiphon pisum* (Harris), and *Therioaphis maculata* (Buckton)(Homoptera: Aphididae). *Journal of Economic Entomology* **76**:1064-1068.
- Berberet, R., K. Giles, A. Zarrabi, and M. Payton. 2009. Development, reproduction, and within-plant infestation patterns of *Aphis craccivora* (Homoptera:

- Aphididae) on alfalfa. *Environmental Entomology* **38**:1765-1771.
- Berberet, R., R. McNew, J. Dillwith, and J. Caddel. 1991. Within-plant patterns of *Therioaphis maculata* on resistant, tolerant, and susceptible alfalfa plants. *Environmental Entomology* **20**:551-555.
- Berryman, A. 1999. The theoretical foundations of biological control. Pages 3-21 in B. A. Hawkins and H. V. Cornell, editors. *Theoretical approaches to biological control*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Bianchi, F., C. Booij, and T. Tscharntke. 2006. Sustainable pest regulation in agricultural landscapes: a review on landscape composition, biodiversity and natural pest control. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* **273**:1715-1727.
- Bickford, D., D. J. Lohman, N. S. Sodhi, P. K. Ng, R. Meier, K. Winker, K. K. Ingram, and I. Das. 2007. Cryptic species as a window on diversity and conservation. *Trends in Ecology & Evolution* **22**:148-155.
- Blackman, R., and V. Eastop. 2007. Taxonomic issues. Pages 1-29 in H. van Emden and R. V. Harrington, editors. *Aphids as crop pests*. CABI, Wallingford, UK.
- Boivin, G., T. Hance, and J. Brodeur. 2012. Aphid parasitoids in biological control. *Canadian Journal of Plant Science* **92**:1-12.
- Bolker, B. M., M. E. Brooks, C. J. Clark, S. W. Geange, J. R. Poulsen, M. H. H. Stevens, and J.-S. S. White. 2009. Generalized linear mixed models: a practical guide for ecology and evolution. *Trends in Ecology & Evolution* **24**:127-135.
- Bommarco, R., and B. Ekbom. 2000. Landscape management and resident generalist predators in annual crop systems. Pages 169-182 in B. Ekbom, M. E. Irwin, and Y. Robert, editors. *Interchanges of insects between agricultural and surrounding landscapes*. Kluwer Academic, Dordrecht, The Netherlands.
- Bommarco, R., D. Kleijn, and S. G. Potts. 2013. Ecological intensification: harnessing ecosystem services for food security. *Trends in Ecology & Evolution* **28**:230-238.
- Bortolus, A. 2008. Error cascades in the biological sciences: the unwanted consequences of using bad taxonomy in ecology. *AMBIO: A Journal of the Human Environment* **37**:114-118.
- Brewer, M., and N. Elliott. 2004. Biological control of cereal aphids in North America

- and mediating effects of host plant and habitat manipulations. *Annual Review of Entomology* **49**:219-242.
- Brown, P., T. Adriaens, H. Bathon, J. Cuppen, A. Goldarazena, T. Hägg, M. Kenis, B. Klausnitzer, I. Kovář, and A. Loomans. 2008. *Harmonia axyridis* in Europe: spread and distribution of a non-native coccinellid. Pages 5-21 in H. Roy and E. Wajnberg, editors. *From biological control to invasion: the ladybird *Harmonia axyridis* as a model species*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Brunner, E., H. Dette, and A. Munk. 1997. Box-type approximations in nonparametric factorial designs. *Journal of the American Statistical Association* **92**:1494-1502.
- Burnham, K. P., and D. R. Anderson. 2001. Kullback-Leibler information as a basis for strong inference in ecological studies. *Wildlife Research* **28**:111-119.
- Burnham, K. P., and D. R. Anderson. 2002. *Model selection and multimodel inference: a practical information-theoretic approach*. 2nd edition. Springer, New York, New York, USA.
- Caballero-López, B., R. Bommarco, J. Blanco-Moreno, F. Sans, J. Pujade-Villar, M. Rundlöf, and H. Smith. 2012. Aphids and their natural enemies are differently affected by habitat features at local and landscape scales. *Biological Control* **63**:222-229.
- Cameron, P., and G. Walker. 1989. Release and establishment of *Aphidius* spp. (Hymenoptera: Aphidiidae), parasitoids of pea aphid and blue green aphid in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* **32**:281-290.
- Cammell, M., and J. Knight. 1992. Effects of climatic change on the population dynamics of crop pests. *Advances in Ecological Research* **22**:117-162.
- Campbell, A., and M. Mackauer. 1975. Thermal constants for development of the pea aphid (Homoptera: Aphididae) and some of its parasites. *The Canadian Entomologist* **107**:419-423.
- Capinera, J. L. 2001. *Handbook of vegetable pests*. Academic Press, San Diego, California, USA.
- Carter, N., A. F. G. Dixon, and R. Rabbinge. 1982. *Cereal aphid populations: biology, simulation and prediction*. Pudoc, Wageningen, The Netherlands.
- Carver, M. 1978. The scientific nomenclature of the spotted alfalfa aphid (Homoptera: Aphididae). *Australian Journal of Entomology* **17**:287-288.

- Chacón, J., D. Landis, and G. Heimpel. 2008. Potential for biotic interference of a classical biological control agent of the soybean aphid. *Biological Control* **46**:216-225.
- Chambers, R. 1986. Preliminary experiments on the potential of hoverflies [Dipt.: Syrphidae] for the control of aphids under glass. *Entomophaga* **31**:197-204.
- Chambers, R., and T. Adams. 1986. Quantification of the impact of hoverflies (Diptera: Syrphidae) on cereal aphids in winter wheat: an analysis of field populations. *Journal of Applied Ecology* **23**:895-904.
- Chaplin-Kramer, R., P. de Valpine, N. J. Mills, and C. Kremen. 2013. Detecting pest control services across spatial and temporal scales. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **181**:206-212.
- Chaplin-Kramer, R., M. E. O'Rourke, E. J. Blitzer, and C. Kremen. 2011. A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity. *Ecology Letters* **14**:922-932.
- Chen, J. H., D. Gonzalez, and J. Luhman. 1990. A new species of *Aphidius* [Hymenoptera] attacking the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum*. *Entomophaga* **35**:509-514.
- Chow, A., and M. Mackauer. 1999. Host handling and specificity of the hyperparasitoid wasp, *Dendrocerus carpenteri* (Curtis)(Hym., Megaspilidae): importance of host age and species. *Journal of Applied Entomology* **123**:83-91.
- Cock, M. J., J. C. van Lenteren, J. Brodeur, B. I. Barratt, F. Bigler, K. Bolckmans, F. L. Cônsoli, F. Haas, P. G. Mason, and J. R. P. Parra. 2010. Do new Access and Benefit Sharing procedures under the Convention on Biological Diversity threaten the future of biological control? *BioControl* **55**:199-218.
- Cocu, N., K. Conrad, R. Harrington, and M. Rounsevell. 2005. Analysis of spatial patterns at a geographical scale over north-western Europe from point-referenced aphid count data. *Bulletin of Entomological Research* **95**:47-56.
- Collinge, S. K. 2009. *Ecology of fragmented landscapes*. Johns Hopkins University Press, Baltimore, Maryland, USA.
- Collinge, S. K., and R. T. Forman. 1998. A conceptual model of land conversion processes: predictions and evidence from a microlandscape experiment with grassland insects. *Oikos* **82**:66-84.

- Cooke, W. C. 1963. Ecology of the pea aphid in the Blue Mountain area of eastern Washington and Oregon. Technical Bulletin. Economic Research Service, United States Department of Agriculture, USA.
- Costamagna, A. C., D. A. Landis, and M. J. Brewer. 2008. The role of natural enemy guilds in *Aphis glycines* suppression. *Biological Control* **45**:368-379.
- Costamagna, A.C., F.D. Menalled, and D.A. Landis. 2004. Host density influences parasitism of the armyworm *Pseudaletia unipuncta* in agricultural landscapes. *Basic and Applied Ecology* **5**:347-355.
- Costamagna, A. C., W. N. Venables, and N. A. Schellhorn. 2015. Landscape-scale pest suppression is mediated by timing of predator arrival. *Ecological Applications* **25**:1114-1130.
- Costanza, R., R. d'Arge, R. de Groot, S. Farber, M. Grasso, B. Hannon, K. Limburg, S. Naeem, R. V. O'Neill, J. Paruelo, R. G. Raskin, P. Sutton, and M. van den Belt. 1997. The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* **387**:253-260.
- Daane, K. 2001. Ecological studies of released lacewings in crops. Pages 338-350 in P. McEwen, T. New, and A. Whittington, editors. *Lacewings in the crop environment*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- De Clercq, P., T. A. Coudron, and E. W. Riddick. 2013. Production of heteropteran predators. Pages 57-100 in J. A. Morales-Ramos, M. G. Rojas, and D. I. Shapiro-Ilan, editors. *Mass production of beneficial organisms: invertebrates and entomopathogens*. Academic Press, London, UK.
- Dean, G., and B. Luuring. 1970. Distribution of aphids in cereal crops. *Annals of Applied Biology* **66**:485-496.
- DeBach, P. 1964. *Biological control of insect pests and weeds*. Reinhold Publishing Corporation, New York, New York, USA.
- DeBach, P., and D. Rosen. 1991. *Biological control by natural enemies*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Dedryver, G. Le, Gauthier, and Simon. 1998. Life cycle of the cereal aphid *Sitobion avenae* F.: polymorphism and comparison of life history traits associated with sexuality. *Ecological Entomology* **23**:123-132.
- Desneux, N., P. Starý, C. J. Delebecque, T. D. Gariepy, R. J. Barta, K. A. Hoelmer, and

- G. E. Heimpel. 2009. Cryptic species of parasitoids attacking the soybean aphid (Hemiptera: Aphididae) in Asia: *Binodoxys communis* and *Binodoxys koreanus* (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae). *Annals of the Entomological Society of America* **102**:925-936.
- Dixon, A. F. G. 1998. *Aphid ecology: an optimization approach*. Chapman & Hall, London, UK.
- Dixon, A., J. L. Hemptinne, and P. Kindlmann. 1997. Effectiveness of ladybirds as biological control agents: patterns and processes. *Entomophaga* **42**:71-83.
- Dramstad, W., J. D. Olson, and R. T. Forman. 1996. *Landscape ecology principles in landscape architecture and land-use planning*. Island Press, Washington, D.C., USA.
- Driscoll, D. A., S. C. Banks, P. S. Barton, D. B. Lindenmayer, and A. L. Smith. 2013. Conceptual domain of the matrix in fragmented landscapes. *Trends in Ecology & Evolution* **28**:605-613.
- Dormann, C. F., J. M. McPherson, M. B. Araújo, R. Bivand, J. Bolliger, G. Carl, R. G. Davies, A. Hirzel, W. Jetz, W. D. Kissling, I. Kühn, R. Ohlemüller, P. R. Peres-Neto, B. Reineking, B. Schröder, F. M. Schurr, and R. Wilson. 2007. Methods to account for spatial autocorrelation in the analysis of species distributional data: a review. *Ecography* **30**:609-628.
- Duflot, R., S. Aviron, A. Ernoult, L. Fahrig, and F. Burel. 2015. Reconsidering the role of 'semi-natural habitat' in agricultural landscape biodiversity: a case study. *Ecological Research* **30**:75-83.
- Dunning, J. B., B. J. Danielson, and H. R. Pulliam. 1992. Ecological processes that affect populations in complex landscapes. *Oikos* **65**:169-175.
- Đukić, D., Z. Lugić, S. Vasiljević, J. Radović, S. Katić, and I. Stojanović. 2007. Domestic cultivars of perennial legumes: Development and quantitative traits. *Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo* **44**:7-19.
- Elliott, N., R. Kieckhefer, and W. Kauffman. 1996. Effects of an invading coccinellid on native coccinellids in an agricultural landscape. *Oecologia* **105**:537-544.
- Elliott, N., R. Kieckhefer, J. H. Lee, and B. W. French. 1999. Influence of within-field and landscape factors on aphid predator populations in wheat. *Landscape Ecology* **14**:239-252.

- Elliott, N., R. Kieckhefer, G. Michels, and K. Giles. 2002. Predator abundance in alfalfa fields in relation to aphids, within-field vegetation, and landscape matrix. *Environmental Entomology* **31**:253-260.
- Fahrig, L., J. Baudry, L. Brotons, F. G. Burel, T. O. Crist, R. J. Fuller, C. Sirami, G. M. Siriwardena, and J. L. Martin. 2011. Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes. *Ecology Letters* **14**:101-112.
- Fahrig, L., J. Girard, D. Duro, J. Pasher, A. Smith, S. Javorek, D. King, K. F. Lindsay, S. Mitchell, and L. Tischendorf. 2015. Farmlands with smaller crop fields have higher within-field biodiversity. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **200**:219-234.
- Fahrig, L., and W. K. Nuttle. 2005. Population ecology in spatially heterogeneous environments. Pages 95-118 in G. M. Lovett, M. G. Turner, C. G. Jones, K. C. Weathers, editors. *Ecosystem function in heterogeneous landscapes*. Springer, New York, New York, USA.
- FAO. 2003. FAOSTAT agriculture data. Food and Agriculture Organization, United Nations. <http://apps.fao.org/page/collections>
- FAO. 2009. Global Agriculture Towards 2050. Food and Agriculture Organization, United Nations, Rome, Italy.
- FAO. 2015. The State of Food Insecurity in the World. Food and Agriculture Organization, United Nations. <http://www.fao.org/publications>
- Farina, A. 2000. *Landscape ecology in action*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Farina, A. 2006. *Principles and methods in landscape ecology: toward a science of landscape*. 2nd edition. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Farina, A. 2009. *Ecology, cognition and landscape: linking natural and social systems*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Fenton, F. A. 1958. Seasonal distribution in alfalfa of the convergent lady beetle, *Hippodamia convergens* G  er. *Proceedings of the Oklahoma Academy of Sciences* **38**:54-58.
- Ferrer-Suay, M., J. Selfa,  . Tomanovi  , M. Jankovi  , K. Kos, E. Rakhshani, and J. Pujade-Villar. 2013. Revision of *Alloxysta* from the north-western Balkan Peninsula with description of two new species (Hymenoptera: Figitidae:

- Charipinae). *Acta Entomologica Musei Nationalis Pragae* **53**:347-367.
- Folmer, O., Black, M., Hoeh, W., Lutz, R., Vrijenhoek, R. 1994. DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome *c* oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. *Molecular Marine Biology and Biotechnology* **3**:294-299.
- Forman, R. T. 1995. Some general principles of landscape and regional ecology. *Landscape Ecology* **10**:133-142.
- Forman, R. T. 2015. Launching landscape ecology in America and learning from Europe. Pages 13-30 *in* G. W. Barrett, T. L. Barrett, and J. Wu, editors. *History of landscape ecology in the United States*. Springer, New York, New York, USA.
- Forman, R. T., and M. Godron. 1981. Patches and structural components for a landscape ecology. *BioScience* **31**:733-740.
- Forman, R. T., and M. Godron. 1986. *Landscape ecology*. John Wiley & Sons, New York, New York, USA.
- Furlong, M. J. 2015. Knowing your enemies: integrating molecular and ecological methods to assess the impact of arthropod predators on crop pests. *Insect Science* **22**:6-19.
- Gagić, V., S. Hänke, C. Thies, C. Scherber, Ž. Tomanović, and T. Tscharntke. 2012. Agricultural intensification and cereal aphid–parasitoid–hyperparasitoid food webs: network complexity, temporal variability and parasitism rates. *Oecologia* **170**:1099-1109.
- Gagić, V., S. Hänke, C. Thies, and T. Tscharntke. 2014. Community variability in aphid parasitoids versus predators in response to agricultural intensification. *Insect Conservation and Diversity* **7**:103-112.
- Gagić, V., T. Tscharntke, C. F. Dormann, B. Gruber, A. Wilstermann, and C. Thies. 2011. Food web structure and biocontrol in a four-trophic level system across a landscape complexity gradient. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* **278**:2946-2953.
- Gardiner, M., D. Landis, C. Gratton, N. Schmidt, M. O’Neal, E. Mueller, J. Chacon, G. Heimpel, and C. DiFonzo. 2009. Landscape composition influences patterns of native and exotic lady beetle abundance. *Diversity and Distributions* **15**:554-

- GeomediaProfessional 6.1 software. Intergraph Corporation. Madison, Alabama, USA.
- Godfray, H. C. J., J. R. Beddington, I. R. Crute, L. Haddad, D. Lawrence, J. F. Muir, J. Pretty, S. Robinson, S. M. Thomas, and C. Toulmin. 2010. Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *Science* **327**:812-818.
- Gonthier, D. J., K. K. Ennis, S. Farinas, H.Y. Hsieh, A. L. Iverson, P. Batáry, J. Rudolphi, T. Tscharntke, B. J. Cardinale, and I. Perfecto. 2014. Biodiversity conservation in agriculture requires a multi-scale approach. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* **281**:20141358.
- Graham, H. M. 1959. Effects of temperature and humidity on the biology of *Therioaphis maculata* (Buckton). *University of California Publications in Entomology* **16**:47-80.
- Grez, A. A., T. Zaviezo, J. Hernández, R. S. Pedro, and P. Acuña. 2014. The heterogeneity and composition of agricultural landscapes influence native and exotic coccinellids in alfalfa fields. *Agricultural and Forest Entomology* **16**:382-390.
- Gruber, C., S. Nakagawa, R. Laws, and I. Jamieson. 2011. Multimodel inference in ecology and evolution: challenges and solutions. *Journal of Evolutionary Biology* **24**:699-711.
- Haenke, S., B. Scheid, M. Schaefer, T. Tscharntke, and C. Thies. 2009. Increasing syrphid fly diversity and density in sown flower strips within simple vs. complex landscapes. *Journal of Applied Ecology* **46**:1106-1114.
- Hågvar, E., and T. Hofsvang. 1991. Aphid parasitoids (Hymenoptera, Aphidiidae): biology, host selection and use in biological control. *Biocontrol News and Information* **12**:13-42.
- Hajek, A. 2004. Conservations and enhancement of natural enemies. Pages 80-96 *in* *Natural enemies: an introduction to biological control*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Hassell, M. P. 1978. *The dynamics of arthropod predator-prey systems*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Hawkins, B. A., and H. V. Cornell. 1994. Maximum parasitism rates and successful biological control. *Science* **266**:1886.

- Hawro, V., P. Ceryngier, T. Tscharntke, C. Thies, V. Gagic, J. Bengtsson, R. Bommarco, C. Winqvist, W. W. Weisser, and L. W. Clement. 2015. Landscape complexity is not a major trigger of species richness and food web structure of European cereal aphid parasitoids. *BioControl* **60**:451-461.
- Haynes, K. J., and T. O. Crist. 2009. Insect herbivory in an experimental agroecosystem: the relative importance of habitat area, fragmentation, and the matrix. *Oikos* **118**:1477-1486.
- Heimpel, G. E., M. F. Antolin, R. A. Franqui, and M. R. Strand. 1997. Reproductive isolation and genetic variation between two “strains” of *Bracon hebetor* (Hymenoptera: Braconidae). *Biological Control* **9**:149-156.
- Hemptinne, J., and A. Dixon. 1997. Are aphidophagous ladybirds (Coccinellidae) prudent predators? *Biological Agriculture & Horticulture* **15**:151-159.
- Heraty, J. M., J. B. Woolley, K. R. Hopper, D. L. Hawks, J.-W. Kim, and M. Buffington. 2007. Molecular phylogenetics and reproductive incompatibility in a complex of cryptic species of aphid parasitoids. *Molecular Phylogenetics and Evolution* **45**:480-493.
- Hindayana, D., R. Meyhöfer, D. Scholz, and H.-M. Poehling. 2001. Intraguild predation among the hoverfly *Episyrphus balteatus* de Geer (Diptera: Syrphidae) and other aphidophagous predators. *Biological Control* **20**:236-246.
- Hobbs, R. J. 1992. The role of corridors in conservation: solution or bandwagon? *Trends in Ecology & Evolution* **7**:389-392.
- Hochberg, M. E., and A. R. Ives. 2000. Parasitoid population biology. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- Hodek, I. 1996. Dormancy. Pages 239-318 in I. Hodek and A. Honěk, authors. *Ecology of Coccinellidae*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Hofsvang, T. 1990. Advantages and disadvantages of parasitoids and predators of aphids when used in biological control. *Acta Entomologica Bohemoslovaca* **87**:401-413.
- Hokkanen, H. M. T. 1991. New approaches in biological control. Pages 185–198 in D. Pimentel, editor. *CRC Handbook of pest management in agriculture*. CBS Publishers and Distributors, New Delhi, India.
- Holzschuh, A., I. Steffan-Dewenter, D. Kleijn, and T. Tscharntke. 2007. Diversity of

- flower-visiting bees in cereal fields: effects of farming system, landscape composition and regional context. *Journal of Applied Ecology* **44**:41-49.
- Holzschuh, A., I. Steffan-Dewenter, and T. Tscharntke. 2010. How do landscape composition and configuration, organic farming and fallow strips affect the diversity of bees, wasps and their parasitoids? *Journal of Animal Ecology* **79**:491-500.
- Honěk, A., and I. Hodek. 1996. Distribution in habitats. Pages 95-142 in I. Hodek and A. Honěk, authors. *Ecology of Coccinellidae*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Howard, L. O. 1929. *Aphelinus mali* and its travels. *Annals of the Entomological Society of America*, **22**:311-368.
- Huffaker, C. B., F. J. Simmonds, and J. E. Laing. 1976. The theoretical and empirical basis of biological control. Pages 41-78 in C. B. Huffaker, and P. S. Messenger, editors. *Theory and practice of biological control*. Academic Press, New York, New York, USA.
- Iperti, G. 1999. Biodiversity of predaceous coccinellidae in relation to bioindication and economic importance. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **74**:323-342.
- James, P. M. A., and M. J. Fortin. 2013. Ecosystems and spatial patterns. Pages 101-124 in R. Leemans, editor. *Ecological systems: selected entries from the Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Jonsson, M., H. L. Buckley, B. S. Case, S. D. Wratten, R. J. Hale, and R. K. Didham. 2012. Agricultural intensification drives landscape-context effects on host–parasitoid interactions in agroecosystems. *Journal of Applied Ecology* **49**:706-714.
- Jonsson, M., C. S. Straub, R. K. Didham, H. L. Buckley, B. S. Case, R. J. Hale, C. Gratton, and S. D. Wratten. 2015. Experimental evidence that the effectiveness of conservation biological control depends on landscape complexity. *Journal of Applied Ecology* **52**:1274-1282.
- Kareiva, P. 1983. Influence of vegetation texture on herbivore populations: resource concentration and herbivore movement. Pages 259-289 in R. F. Denno and M. S. McClure, editors. *Variable plants and herbivores in natural and managed*

- systems. Academic Press, New York, New York, USA.
- Katić, S., V. Mihailović, Đ. Karagić, D. Milić, and S. Vasiljević. 2004. Uticaj vremena košenja na prinos i kvalitet krme lucerke i crvene deteline. Zbornik radova Instituta za ratarstvo i povrtarstvo **40**:389-403.
- Kavallieratos, N. G., Ž. Tomanović, P. Starý, C. G. Athanassiou, C. Fasseas, O. Petrović, L. Ž. Stanisavljević, and M. A. Veroniki. 2005. *Praon* Haliday (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) of Southeastern Europe: key, host range and phylogenetic relationships. Zoologischer Anzeiger-A Journal of Comparative Zoology **243**:181-209.
- Kendall, D. A. 2003. Soil tillage and epigeal predatory arthropods. Pages 297-342 in A. E. Titi, editor. Soil tillage in agroecosystems. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Kenny, L. 2002. Morocco. in L. al Bitar, editor. Report on organic agriculture in the Mediterranean area. Options Méditerranéennes Série B, N. 40. Bari, Italy.
- Kleijn, D., M. Rundlöf, J. Scheper, H. G. Smith, and T. Tscharntke. 2011. Does conservation on farmland contribute to halting the biodiversity decline? Trends in Ecology & Evolution **26**:474-481.
- Koch, R. L., and T. L. Galvan. 2008. Bad side of a good beetle: the North American experience with *Harmonia axyridis*. Pages 23-35 in H. Roy and E. Wajnberg, editors. From biological control to invasion: the ladybird *Harmonia axyridis* as a model species. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Koh, I., and J. D. Holland. 2015. Grassland plantings and landscape natural areas both influence insect natural enemies. Agriculture, Ecosystems & Environment **199**:190-199.
- Koul, O., & G. S. Dhaliwal. 2003. Predators and parasitoids: an introduction. Pages 1-16 in O. Koul and G. S. Dhaliwal, editors. Predators and parasitoids. Taylor & Francis, London, UK.
- Kremen, C., N. M. Williams, M. A. Aizen, B. Gemmill-Herren, G. LeBuhn, R. Minckley, L. Packer, S. G. Potts, T. Roulston, I. Steffan-Dewenter, D. P. Vazquez, R. Winfree, L. Adams, E. E. Crone, S. S. Greenleaf, T. H. Keitt, A. M. Klein, J. Regetz, and T. H. Ricketts. 2007. Pollination and other ecosystem services produced by mobile organisms: a conceptual framework for the effects

- of land-use change. *Ecology Letters* **10**:299-314.
- Kruess, A. 2003. Effects of landscape structure and habitat type on a plant-herbivore-parasitoid community. *Ecography* **26**:283-290.
- Kutner, M. H., C. J. Nachtsheim, J. Neter, and W. Li. 2005. Applied linear statistical models. 5th edition. McGraw-Hill, Boston, Massachusetts, USA.
- Landis, D. A., and S. H. Gage. 2015. Arthropod diversity and pest suppression in agricultural landscapes. Pages 188-212 in S. K. Hamilton, J. E. Doll, and G. P. Robertson, editors. *The ecology of agricultural landscapes: long-term research on the path to sustainability*. Oxford University Press, Oxford, UK.
- Landis, D. A., S. D. Wratten, and G. M. Gurr. 2000. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. *Annual Review of Entomology* **45**:175-201.
- Langellotto, G. A., and R. F. Denno. 2004. Responses of invertebrate natural enemies to complex-structured habitats: a meta-analytical synthesis. *Oecologia* **139**:1-10.
- Lawton, J. H., and D. Strong Jr. 1981. Community patterns and competition in folivorous insects. *American Naturalist* **118**:317-338.
- Leather, S., K. A. Walters, and A. G. Dixon. 1989. Factors determining the pest status of the bird cherry-oat aphid, *Rhopalosiphum padi* (L.)(Hemiptera: Aphididae), in Europe: a study and review. *Bulletin of Entomological Research* **79**:345-360.
- Legendre P, and L. F. Legendre. 2012. Numerical ecology. 3rd Edition. Elsevier, Amsterdam, The Netherlands.
- Li, H., and J. F. Reynolds. 1995. On definition and quantification of heterogeneity. *Oikos* **73**:280-284.
- Lunt, I. D., and P. G. Spooner. 2005. Using historical ecology to understand patterns of biodiversity in fragmented agricultural landscapes. *Journal of Biogeography* **32**:1859-1873.
- Macfadyen, S., A. P. Davies, and M. P. Zalucki. 2015a. Assessing the impact of arthropod natural enemies on crop pests at the field scale. *Insect Science* **22**:20-34.
- Macfadyen, S., E. A. Kramer, H. R. Parry, and N. A. Schellhorn. 2015b. Temporal change in vegetation productivity in grain production landscapes: linking landscape complexity with pest and natural enemy communities. *Ecological*

- Entomology **40**:56-69.
- Mackauer, M., and T. Finlayson. 1967. The hymenopterous parasites (Hymenoptera: Aphidiidae et Aphelinidae) of the pea aphid in eastern North America. The Canadian Entomologist **99**:1051-1082.
- Mackauer, M., and W. Völkl. 1993. Regulation of aphid populations by aphidiid wasps: does parasitoid foraging behaviour or hyperparasitism limit impact? Oecologia **94**:339-350.
- Mandelik, Y., R. Winfree, T. Neeson, and C. Kremen. 2012. Complementary habitat use by wild bees in agro-natural landscapes. Ecological Applications **22**:1535-1546.
- Martin, E. A., B. Reineking, B. Seo, and I. Steffan-Dewenter. 2013. Natural enemy interactions constrain pest control in complex agricultural landscapes. Proceedings of the National Academy of Sciences **110**:5534-5539.
- Martin, E. A., B. Reineking, B. Seo, and I. Steffan-Dewenter. 2015. Pest control of aphids depends on landscape complexity and natural enemy interactions. PeerJ **3**:e1095.
- Martin, K., and J. Sauerborn. 2013. Management of unwanted organisms. Pages 187-245 in Agroecology. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Marino, P. C., and D. A. Landis. 1996. Effect of landscape structure on parasitoid diversity and parasitism in agroecosystems. Ecological Applications **6**:276-284.
- McGarigal, K., S. A. Cushman, M. C. Neel, and E. Ene. 2002. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for categorical maps. <http://www.umass.edu/landeco/research/fragstats/fragstats.html>.
- McGarigal, K., and B. J. Marks. 1995. FRAGSTATS: spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure. Technical Report PNW-GTR-351. Pacific Northwest Research Station, Forest Service, United States Department of Agriculture, Portland, Oregon, USA.
- Médiène, S., M. Valantin-Morison, J.-P. Sarthou, S. de Tourdonnet, M. Gosme, M. Bertrand, J. Roger-Estrade, J.-N. Aubertot, A. Rusch, and N. Motisi. 2011. Agroecosystem management and biotic interactions: a review. Agronomy for Sustainable Development **31**:491-514.
- Menalled, F. D., A. C. Costamagna, P. C. Marino, and D. A. Landis. 2003. Temporal

- variation in the response of parasitoids to agricultural landscape structure. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **96**:29-35.
- Menalled, F. D., P. C. Marino, S. H. Gage, and D. A. Landis. 1999. Does agricultural landscape structure affect parasitism and parasitoid diversity? *Ecological Applications* **9**:634-641.
- Meyer, B., F. Jauker, and I. Steffan-Dewenter. 2009. Contrasting resource-dependent responses of hoverfly richness and density to landscape structure. *Basic and Applied Ecology* **10**:178-186.
- Michaud, J. 2012. Coccinellids in biological control. Pages 488-519 in I. Hodek, H. F. van Emden, and A. Honěk, editors. *Ecology and behaviour of the ladybird beetles (Coccinellidae)*. Wiley-Blackwell, Oxford, UK.
- Michaud, J., and B. Belliure. 2000. Consequences of foundress aggregation in the brown citrus aphid *Toxoptera citricida*. *Ecological Entomology* **25**:307-314.
- Michaud, J., and J. D. Harwood. 2012. Quantifying the impact of coccinellids on their prey. Pages 465-487 in I. Hodek, H. F. van Emden, and A. Honěk, editors. *Ecology and behaviour of the ladybird beetles (Coccinellidae)*. Wiley-Blackwell, Oxford, UK.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005. *Ecosystems and Human Well-being: Biodiversity Synthesis*. World Resources Institute, Washington, D.C., USA.
- Mitrovski-Bogdanović, A., A. Petrović, M. Mitrović, A. Ivanović, V. Žikić, P. Starý, C. Vorburger, and Ž. Tomanović. 2013. Identification of two cryptic species within the *Praon abjectum* group (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) using molecular markers and geometric morphometrics. *Annals of the Entomological Society of America* **106**:170-180.
- Morris, D. W. 1987. Ecological scale and habitat use. *Ecology* **68**:362-369.
- Muller, C., I. Adriaanse, R. Belshaw, and H. Godfray. 1999. The structure of an aphid–parasitoid community. *Journal of Animal Ecology* **68**:346-370.
- Mundry, R. 2011. Issues in information theory-based statistical inference - a commentary from a frequentist's perspective. *Behavioral Ecology and Sociobiology* **65**:57-68.
- Muratori, F. B., R. J. Gagne, and R. H. Messing. 2009. Ecological traits of a new aphid parasitoid, *Endaphis fugitiva* (Diptera: Cecidomyiidae), and its potential for

- biological control of the banana aphid, *Pentalonia nigronervosa* (Hemiptera: Aphididae). *Biological Control* **50**:185-193.
- Naveh, Z., and A. S. Lieberman. 1990. *Landscape ecology: theory and application*. Student edition. Springer-Verlag, New York, New York, USA.
- Nechols, J. R., editor. 1995. *Biological control in the western United States: accomplishments and benefits of regional research project W-84, 1964-1989*. University of California Division of Agriculture and Natural Resources, Oakland, California, USA.
- Nedvěd, O., and A. Honěk. 2012. Life history and development. Pages 54-109 in I. Hodek, H. F. van Emden, and A. Honěk, editors. *Ecology and behaviour of the ladybird beetles (Coccinellidae)*. Wiley-Blackwell, Oxford, UK.
- Nicot, P., M. Bardin, C. Alabouvette, and J. Köhl. 2011. Potential of biological control based on published research: protection against plant pathogens of selected crops. Pages 1-11 in P. C. Nicot, editor. *Classical and augmentative biological control against diseases and pests: critical status analysis and review of factors influencing their success*. IOBC/WPRS Publications, Wageningen, The Netherlands.
- Nielson, M., and O. Barnes. 1961. Population studies of the spotted alfalfa aphid in Arizona in relation to temperature and rainfall. *Annals of the Entomological Society of America* **54**:441-448.
- Öberg, S., B. Ekbom, and R. Bommarco. 2007. Influence of habitat type and surrounding landscape on spider diversity in Swedish agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **122**:211-219.
- O'Neill, R. V., D. L. DeAngelis, J. B. Waide, and T. F. H. Allen. 1986. *A hierarchical concept of ecosystems*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey, USA.
- O'Neill, R. V., and A. W. King. 1998. Homage to St. Michael; or, why are there so many books on scale? Pages 3-15 in D. L. Peterson and V. T. Parker, editors. *Ecological scale: theory and applications*. Columbia University Press, New York, New York, USA.
- Östman, Ö. 2002. Distribution of bird cherry-oat aphids (*Rhopalosiphum padi* (L.)) in relation to landscape and farming practices. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **93**:67-71.

- Östman, Ö., B. Ekbom, and J. Bengtsson. 2001. Landscape heterogeneity and farming practice influence biological control. *Basic and Applied Ecology* **2**:365-371.
- Peccoud, J., A. Ollivier, M. Plantegenest, and J. C. Simon. 2009. A continuum of genetic divergence from sympatric host races to species in the pea aphid complex. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **106**:7495-7500.
- Pennacchio, F. 1989. The Italian species of the genus *Aphidius* Nees (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae). *Bollettino del Laboratorio di Entomologia Agraria 'Filippo Silvestri'* **46**:75-106.
- Petrović-Obradović, O. 2003. Biljne vaši (Homoptera: Aphididae) Srbije. Poljoprivredni fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd - Zemun.
- Petrović, O. 1998. Check-list of aphids (Homoptera: Aphididae) in *Acta Entomologica Serbica* **3**:9-42.
- Petrović, O. 1996. Aphids (Aphididae, Homoptera) on cereal crops. Review of Research Work at the Faculty of Agriculture (Belgrade) **41**:159-168.
- Petrović-Obradović, O., and Ž. Tomanović. 2005. Aphids: Pests of alfalfa and clover. *Biljni lekar* **33**:534-538.
- Plećaš, M. D. 2013. Predeono-ekološka analiza diverziteta i interakcija sistema žitne vaši-parazitoidi (Homoptera; Hymenoptera). Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Beograd.
- Plećaš, M., V. Gagić, M. Janković, O. Petrović-Obradović, N. Kavallieratos, Ž. Tomanović, C. Thies, T. Tschamtkke, and A. Četković. 2014. Landscape composition and configuration influence cereal aphid–parasitoid–hyperparasitoid interactions and biological control differentially across years. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **183**:1-10.
- Pons X., J. Comas, and R. Albajes. 1993. Overwintering of cereal aphids (Homoptera: Aphididae) on durum wheat in a Mediterranean climate. *Environmental Entomology* **22**:381–387.
- Pons, X., B. Lumbierres, R. Antoni, and P. Starý. 2011. Parasitoid complex of alfalfa aphids in an IPM intensive crop system in northern Catalonia. *Journal of Pest Science* **84**:437-445.
- Pons, X., B. Lumbierres, J. Comas, F. Madeira, and P. Starý. 2013. Effects of surrounding landscape on parasitism of alfalfa aphids in an IPM crop system in

- northern Catalonia. *BioControl* **58**:733-744.
- Pons, X., E. Núñez, B. Lumbierres, and R. Albajes. 2005. Epigeal aphidophagous predators and the role of alfalfa as a reservoir of aphid predators for arable crops. *European Journal of Entomology* **102**:519.
- Powell, W., and J. K. Pell. 2007. Biological control. Pages 469-515 in H. F. van Emden and R. Harrington, editors. *Aphids as crop pests*. CABI, Wallingford, UK.
- Power, A. G. 2010. Ecosystem services and agriculture: tradeoffs and synergies. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London B: Biological Sciences* **365**:2959-2971.
- Quicke, D. 2014. *The Braconid and Ichneumonid Parasitoid Wasps: Biology, Systematics. Evolution and Ecology*. John Wiley & Sons, New York, New York, USA.
- Quillec, F. L. L., S. Tanguy, and C. Dedryver. 1995. Aerial flow of barley yellow dwarf viruses and of their vectors in western France. *Annals of Applied Biology* **126**:75-90.
- Quinn, G. P., and M. J. Keough. 2002. *Experimental design and data analysis for biologists*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- R Core Team. 2013. R: A language and environment for statistical computing (Version 3.0.2). R Foundation of Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <http://www.R-project.org/>.
- R Core Team. 2015. R: A language and environment for statistical computing (Version 3.2.2). R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <https://www.R-project.org/>.
- Rabasse, J. M., and M. J. van Steenis. 1999. Biological control of aphids. Pages 235-243 in R. Albajes, M. L. Gullino, J. C. van Lenteren, and Y. Elad, editors. *Integrated pest and disease management in greenhouse crops*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Rakhshani, E., A. Talebi, N. Kavallieratos, A. Rezwani, S. Manzari, and Ž. Tomanović. 2005. Parasitoid complex (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) of *Aphis craccivora* Koch (Hemiptera: Aphidoidea) in Iran. *Journal of Pest Science* **78**:193-198.
- Rand, T. A., and S. M. Louda. 2006. Spillover of agriculturally subsidized predators as

- a potential threat to native insect herbivores in fragmented landscapes. *Conservation Biology* **20**:1720-1729.
- Rand, T. A., F. Van Veen, and T. Tscharntke. 2012. Landscape complexity differentially benefits generalized fourth, over specialized third, trophic level natural enemies. *Ecography* **35**:97-104.
- Ray, D. K., N. D. Mueller, P. C. West, and J. A. Foley. 2013. Yield trends are insufficient to double global crop production by 2050. *PloS One* **8**:e66428.
- Raymond, L., S. A. Ortiz-Martínez, and B. Lavandero. 2015. Temporal variability of aphid biological control in contrasting landscape contexts. *Biological Control* **90**:148-156.
- Remaudière, G., and M. Remaudière. 1997. *Catalogue des Aphididae du monde*. INRA, Paris, France.
- Republika Srbija, Republički hidrometeorološki zavod. 2011. *Meteorološki godišnjak 1. Klimatološki podaci 2010*, Beograd.
- Republika Srbija, Republički hidrometeorološki zavod. 2012. *Meteorološki godišnjak 1. Klimatološki podaci 2011*, Beograd.
- Ricketts, T. H. 2001. The matrix matters: effective isolation in fragmented landscapes. *The American Naturalist* **158**:87-99.
- Risser, P. G., J. R. Karr, and R. T. T. Forman. 1984. *Landscape ecology: directions and approaches*. Illinois Natural History Survey Special Publication 2, University of Illinois, Urbana, Illinois, USA.
- Risser, P. G. 1987. Landscape ecology: state of the art. Pages 3-14 *in* M. G. Turner, editor. *Landscape heterogeneity and disturbance*. Springer-Verlag, New York, New York, USA.
- Roderick, G. K., and M. Navajas. 2003. Genes in new environments: genetics and evolution in biological control. *Nature Reviews Genetics* **4**:889-899.
- Root, R. B. 1973. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: the fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecological Monographs* **43**:95-124.
- Roschewitz, I., M. Hücker, T. Tscharntke, and C. Thies. 2005. The influence of landscape context and farming practices on parasitism of cereal aphids. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **108**:218-227.

- Rosenheim, J. A. 1998. Higher-order predators and the regulation of insect herbivore populations. *Annual Review of Entomology* **43**:421-447.
- Rosenheim, J. A., H. Kaya, L. Ehler, J. J. Marois, and B. Jaffee. 1995. Intraguild predation among biological-control agents: theory and evidence. *Biological Control* **5**:303-335.
- Rosenheim, J. A., D. D. Limburg, and R. G. Colfer. 1999. Impact of generalist predators on a biological control agent, *Chrysoperla carnea*: direct observations. *Ecological Applications* **9**:409-417.
- Roy, H., and A. Migeon. 2010. Ladybeetles (Coccinellidae) chapter 8.4. *BioRisk* **4**:293-313.
- Roy, H., and E. Wajnberg. 2008. From biological control to invasion: the ladybird *Harmonia axyridis* as a model species. Pages 1-4 in H. Roy and E. Wajnberg, editors. *From biological control to invasion: the ladybird Harmonia axyridis as a model species*. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Rusch, A., M. Valantin-Morison, J. P. Sarthou, and J. Roger-Estrade. 2010. Biological control of insect pests in agroecosystems: effects of crop management, farming systems, and seminatural habitats at the landscape scale: a review. *Advances in Agronomy* **109**:219.
- Rusch, A., M. Valantin-Morison, J.-P. Sarthou, and J. Roger-Estrade. 2011. Multi-scale effects of landscape complexity and crop management on pollen beetle parasitism rate. *Landscape Ecology* **26**:473-486.
- Sarthou, J., A. Ouin, F. Arrignon, G. Barreau, and B. Bouyjou. 2005. Landscape parameters explain the distribution and abundance of *Episyrphus balteatus* (Diptera: Syrphidae). *European Journal of Entomology* **102**:539.
- Sarthou, J. P., A. Badoz, B. Vaissière, A. Chevallier, and A. Rusch. 2014. Local more than landscape parameters structure natural enemy communities during their overwintering in semi-natural habitats. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **194**:17-28.
- Schellhorn, N., J. Harmon, and D. Andow. 1999. Using cultural practices to enhance pest control by natural enemies. Pages 147-170 in J. E. Rechcigl and N. A. Rechcigl, editors. *Insect pest management: techniques for environmental protection*. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.

- Schellhorn, N. A., V. Gagić, and R. Bommarco. 2015b. Time will tell: resource continuity bolsters ecosystem services. *Trends in Ecology & Evolution* **30**:524-530.
- Schellhorn, N. A., H. R. Parry, S. Macfadyen, Y. Wang, and M. P. Zalucki. 2015a. Connecting scales: achieving in-field pest control from areawide and landscape ecology studies. *Insect Science* **22**:35-51.
- Scherber, C., N. Eisenhauer, W. W. Weisser, B. Schmid, W. Voigt, M. Fischer, E. D. Schulze, C. Roscher, A. Weigelt, E. Allan, H. Beßler, M. Bonkowski, N. Buchmann, F. Buscot, L. W. Clement, A. Ebeling, C. Engles, S. Halle, I. Kertscher, A. Klein, R. Koller, S. König, E. Kowalski, V. Kummer, A. Kuu, M. Lange, D. Lauterbach, C. Middelhoff, V. D. Migunova, A. Milcu, R. Müller, S. Partsch, J. S. Petermann, C. Renker, T. Rottstock, A. Sabais, S. Scheu, J. Schumacher, V. M. Temperton, and T. Tschardtke. 2010. Bottom-up effects of plant diversity on multitrophic interactions in a biodiversity experiment. *Nature* **468**:553-556.
- Schielzeth, H. 2010. Simple means to improve the interpretability of regression coefficients. *Methods in Ecology and Evolution* **1**:103-113.
- Schmidt, M. H., A. Lauer, T. Purtauf, C. Thies, M. Schaefer, and T. Tschardtke. 2003. Relative importance of predators and parasitoids for cereal aphid control. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* **270**:1905-1909.
- Schneider, G., J. Krauss, V. Riedinger, A. Holzschuh, and I. Steffan-Dewenter. 2015. Biological pest control and yields depend on spatial and temporal crop cover dynamics. *Journal of Applied Ecology* **52**:1283-1292.
- Schreiber, K. F. 1990. The history of landscape ecology in Europe. Pages 21-33 in I. S. Zonneveld and R. T. Forman, editors. *Changing landscapes: an ecological perspective*. Springer, New York, New York, USA.
- Schüepp, C., D. Uzman, F. Herzog, and M. H. Entling. 2014. Habitat isolation affects plant–herbivore–enemy interactions on cherry trees. *Biological Control* **71**:56-64.
- Schweiger, O., M. Musche, D. Bailey, R. Billeter, T. Diekötter, F. Hendrickx, F. Herzog, J. Liira, J. P. Maelfait, and M. Speelmans. 2007. Functional richness of

- local hoverfly communities (Diptera, Syrphidae) in response to land use across temperate Europe. *Oikos* **116**:461-472.
- Senior, L., and P. McEwen. 2001. The use of lacewings in biological control. Pages 296-302 in P. McEwen, T. New, and A. Whittington, editors. *Lacewings in the crop environment*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Simmonds, F., J. Franz, and R. Sailer. 1976. History of biological control. Pages 17-35 in C. B. Huffaker and P. S. Messenger, editors. *Theory and practice of biological control*. Academic Press, New York, New York, USA.
- Simon, J. C., S. Carre, M. Boutin, N. Prunier-Leterme, B. Sabater-Muñoz, A. Latorre, and R. Bournoville. 2003. Host-based divergence in populations of the pea aphid: insights from nuclear markers and the prevalence of facultative symbionts. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* **270**:1703-1712.
- Snyder, W. E., and A. R. Ives. 2001. Generalist predators disrupt biological control by a specialist parasitoid. *Ecology* **82**:705-716.
- Snyder, W. E., and A. R. Ives. 2003. Interactions between specialist and generalist natural enemies: parasitoids, predators, and pea aphid biocontrol. *Ecology* **84**:91-107.
- Southwood, T., and M. Way. 1970. Ecological background to pest management. Pages 6-28 in R. L. Rabb and F. E. Guthrie, editors. *Concepts of pest management*. North Carolina State University, Raleigh, North Carolina, USA.
- Ssymank, A., C. Kearns, T. Pape, and F. C. Thompson. 2008. Pollinating flies (Diptera): A major contribution to plant diversity and agricultural production. *Biodiversity* **9**:86-89.
- Stary, P. 1970a. Biology of aphid parasites (Hymenoptera: Aphidiidae) with respect to integrated control. *Series entomologica*, Vol. 6. Dr W Junk Publishers, The Hague, Netherlands.
- Stary, P. 1970b. Role of superparasitism in field populations of a pea aphid parasite, *Aphidius ervi* Haliday in Central Europe-Hymenoptera: Aphidiidae; Homoptera: Aphididae. *Portici Lab Entomol Agr Filippo Silvestri Boll*:177-186.
- Stary, P. 1973. A review of *Aphidius* species (Hymenoptera, Aphidiidae) of Europe. *Annotationes Zoologicae et Botanicae* **85**:1-85.

- Starý, P. 1974a. Population dynamics, parasitization, control, and prognosis of the pea aphid (*Acyrtosiphon pisum* Harris) in Czechoslovakia. Academia, Praha, Czechoslovakia.
- Starý, P. 1974b. Taxonomy, origin, distribution and host range of *Aphidius* species (Hym., Aphidiidae) in relation to biological control of the pea aphid in Europe and North America. *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* **77**:141-171.
- Starý, P. 2006. Aphid parasitoids of the Czech Republic (Hymenoptera: Braconidae, Aphidiinae). Academia, Praha, Czech Republic.
- Starý P., D. González, and J. C. Hall. 1980. *Aphidius eadyi* n. sp. (Hymenoptera: Aphidiidae), a widely distributed parasitoid of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Harris) in the Palearctic. *Entomologica Scandinavica* **11**:473-480.
- Steffan-Dewenter, I. 2003. Importance of habitat area and landscape context for species richness of bees and wasps in fragmented orchard meadows. *Conservation Biology* **17**:1036-1044.
- Steffan-Dewenter, I., U. Münzenberg, C. Bürger, C. Thies, and T. Tschardt. 2002. Scale-dependent effects of landscape context on three pollinator guilds. *Ecology* **83**:1421-1432.
- Sullivan, D. J. 1987. Insect hyperparasitism. *Annual Review of Entomology* **32**:49-70.
- Sullivan, D. J., and W. Völkl. 1999. Hyperparasitism: multitrophic ecology and behavior. *Annual Review of Entomology* **44**:291-315.
- Summers, C.G. 1998. Integrated pest management in forage alfalfa. *Integrated Pest Management Reviews* **3**:127-154.
- Sunnucks, P., F. Driver, W. Brown, M. Carver, D. Hales, and W. Milne. 1997. Biological and genetic characterization of morphologically similar *Therioaphis trifolii* (Hemiptera: Aphididae) with different host utilization. *Bulletin of Entomological Research* **87**:425-436.
- Swift, M., and J. Anderson. 1994. Biodiversity and ecosystem function in agricultural systems. Pages 15-41 in E. D. Schulze and H. A. Mooney, editors. *Biodiversity and ecosystem function*. Springer-Verlag, Berlin, Germany.
- Swift, M. J., J. Vandermeer, P. S. Ramakrishnan, J. M. Anderson, C. K. Ong, and B. A. Hawkins. 1996. Biodiversity and agroecosystem function. Pages 261-298 in J. H. Cushman, H. A. Mooney, E. Medina, O. E. Sala, and E. D. Schulze, editors.

- Functional roles of biodiversity: a global perspective. Wiley, Chichester, UK.
- Šabić, D., M. Milinčić, M. Pecelj, D. Mandić, J. Pecelj, M. Pavlovic, D. Zivkovic, J. Plavska, and M. Pecelj. 2010. Geocological importance of wetlands transformation into agricultural landscape: example of Pančevački Rit in Serbia. Pages 202-206 in N. Mastorakis, V. Mladenov, M. Demiralp, and Z. Bojkovic, editors. *Advances in Biology, Bioengineering and Environment*. World Scientific and Engineering Academy and Society Press, Sofia, Bulgaria.
- Tamura, K., D. Peterson, N. Peterson, G. Stecher, M. Nei, and S. Kumar. 2011. MEGA5: molecular evolutionary genetics analysis using maximum likelihood, evolutionary distance, and maximum parsimony methods. *Molecular Biology and Evolution* **28**:2731-2739.
- Tanasijević, N. 1966. Prilog poznavanja vašiju na biljkama porodice leptirnjača (Papilionaceae). *Agrohemija Beograd* **1/2**: 8-12.
- Tenhumberg, B., and H.-M. Poehling. 1995. Syrphids as natural enemies of cereal aphids in Germany: aspects of their biology and efficacy in different years and regions. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **52**:39-43.
- Thies, C., I. Roschewitz, and T. Tscharntke. 2005. The landscape context of cereal aphid–parasitoid interactions. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences* **272**:203-210.
- Thies, C., I. Steffan-Dewenter, and T. Tscharntke. 2003. Effects of landscape context on herbivory and parasitism at different spatial scales. *Oikos* **101**:18-25.
- Thies, C., and T. Tscharntke. 1999. Landscape structure and biological control in agroecosystems. *Science* **285**:893-895.
- Tomanović, Ž. 1994. Parazitske ose (Aphidiidae: Hymenoptera) i njihov uticaj na sezonsku dinamiku lucerkine vaši *Acyrtosiphon pisum* (Harr.) (Aphididae: Homoptera). Magistarska teza. Univerzitet u Beogradu, Beograd.
- Tomanović, Ž. 1998. Faunističko-ekološka i taksonomska studija parazitskih osa (Aphidiidae, Hymenoptera) agroekosistema jugoistočnog dela Panonske nizije. Doktorska disertacija. Univerzitet u Beogradu, Beograd.
- Tomanović, Ž., and M. Brajković. 2001. Aphid parasitoids (Hymenoptera, Aphidiidae) of agroecosystems of the south part of the Pannonian area. *Archives of Biological Science* **53**:57–64.

- Tomanović, Ž., M. Brajković, M. Krunić, and L. Stanisavljević. 1996. Seasonal dynamics, parasitization and colour polymorphism of the pea aphid, *Acyrtosiphon pisum* (Harris)(Aphididae: Homoptera) on alfalfa in the South part of the Pannonian area. *Tiscia* **30**:45-48.
- Tomanović, Ž., N. Kavallieratos, P. Starý, C. Athanassiou, V. Žikić, O. Petrović-Obradović, and G. Sarlis. 2003. *Aphidius* Nees aphid parasitoids (Hymenoptera, Braconidae, Aphidiinae) in Serbia and Montenegro: tritrophic associations and key. *Acta Entomologica Serbica* **8**:15-39.
- Tomanović, Ž., N. G. Kavallieratos, P. Starý, O. Petrović-Obradović, C. G. Athanassiou, and L. Z. Stanisavljević. 2008. Cereal aphids (Hemiptera: Aphidoidea) in Serbia: seasonal dynamics and natural enemies. *European Journal of Entomology* **105**:495.
- Tomanović, Ž., A. Petrović, P. Starý, N. G. Kavallieratos, V. Žikić, and E. Rakhshani. 2009. *Ephedrus* Haliday (Hymenoptera: Braconidae: Aphidiinae) in Serbia and Montenegro: tritrophic associations and key. *Acta Entomologica Serbica* **14**:39-53.
- Troll, C. 1968. Landschaftsökologie. Pages 1-21 in Tuxen. R, editor. *Pflanzensoziologie und landschaftsökologie*. Ber 7. Intern Symp IVV. Junk, The Hague, Netherlands.
- Tscharntke, T., A. M. Klein, A. Kruess, I. Steffan-Dewenter, and C. Thies. 2005. Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity-ecosystem service management. *Ecology Letters* **8**:857-874.
- Tscharntke, T., J. M. Tylianakis, T. A. Rand, R. K. Didham, L. Fahrig, P. Batáry, J. Bengtsson, Y. Clough, T. O. Crist, C. F. Dormann, R. M. Ewers, J. Fründ, R. D. Holt, A. Holzschuh, A. M. Klein, C. Kremen, D. A. Landis, W. Laurance, D. Lindenmayer, S. Scherber, N. Sodhi, I. Steffan-Dewenter, C. Thies, W. H. van der Putten, and C. Westphal. 2012. Landscape moderation of biodiversity patterns and processes-eight hypotheses. *Biological Reviews* **87**:661-685.
- Turner, M., R. Gardner, and R. O'Neill. 2001. *Landscape Ecology in theory and practice: pattern and process*. Springer, New York, New York, USA.
- Turner, M. G. 2005. Landscape ecology in North America: past, present, and future. *Ecology* **86**:1967-1974.

- Turner, M. G., R. V. O'Neill, R. H. Gardner, and B. T. Milne. 1989. Effects of changing spatial scale on the analysis of landscape pattern. *Landscape Ecology* **3**:153-162.
- Tylianakis, J. 2006. Spatiotemporally-mediated effects of land use on the biodiversity of cavity-nesting Hymenoptera in coastal Ecuador. Dissertation, University of Göttingen, Göttingen.
- UN. 2013. World Population Prospects: The 2012 Revision, Highlights and Advance Tables (Working Paper No. ESA/P/WP. 228). United Nations Publications, New York, New York, USA.
- Unruh, T., W. White, D. Gonzalez, and J. Woolley. 1989. Genetic relationships among seventeen *Aphidius* (Hymenoptera: Aphidiidae) populations, including six species. *Annals of the Entomological Society of America* **82**:754-768.
- Van Driesche, R., M. Hoddle, and T. Center. 2008. Control of pests and weeds by natural enemies: an introduction to biological control. Blackwell, Malden, Massachusetts, USA.
- van Emden, H. F., and R. Harrington. 2007. Aphids as crop pests. CABI, Wallingford, UK.
- van Lenteren, J. 2005. Early entomology and the discovery of insect parasitoids. *Biological Control* **32**:2-7.
- van Lenteren, J. C. 2012. The state of commercial augmentative biological control: plenty of natural enemies, but a frustrating lack of uptake. *BioControl* **57**:1-20.
- van Lenteren, J. C., A. J. Loomans, D. Babendreier, and F. Bigler. 2008. *Harmonia axyridis*: an environmental risk assessment for Northwest Europe. Pages 37-54 in H. Roy and E. Wajnberg, editors. From biological control to invasion: the ladybird *Harmonia axyridis* as a model species. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- van Veen, F., C. Müller, J. Pell, and H. Godfray. 2008. Food web structure of three guilds of natural enemies: predators, parasitoids and pathogens of aphids. *Journal of Animal Ecology* **77**:191-200.
- Vandermeer, J., and I. Perfecto. 1995. Breakfast of biodiversity: the truth about rain forest destruction. Institute for Food and Development Policy, Oakland, California, USA.
- Vereijken, P. H. 1979. Feeding and multiplication of three cereal aphid species and their

- effect on yield of winter wheat. Dissertation. Centre for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen.
- Veres, A., S. Petit, C. Conord, and C. Lavigne. 2013. Does landscape composition affect pest abundance and their control by natural enemies? A review. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **166**:110-117.
- Vidojević, B. 2001. Ekološke karakteristike i biopotencijal agroekosistema Pančevačkog rita. Magistarska teza, Biološki fakultet, Beograd.
- Vockeroth, J. 1992. The flower flies of the subfamily Syrphinae of Canada, Alaska, and Greenland: Diptera, Syrphidae. Publication 1867. Agriculture Canada, Ottawa, Canada.
- Völkl, W., M. Mackauer, J. K. Pell, and J. Brodeur. 2007. Predators, parasitoids and pathogens. Pages 187-215 *in* H. F. van Emden and R. Harrington, editors. *Aphids as crop pests*. CABI, Wallingford, UK.
- Vollhardt, I. M., T. Tscharncke, F. L. Wäckers, F. J. Bianchi, and C. Thies. 2008. Diversity of cereal aphid parasitoids in simple and complex landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **126**:289-292.
- Walker, G., and P. Cameron. 1985. Temperature responses and the occurrence of sexual forms of spotted alfalfa aphid (Hemiptera: Aphididae) in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research* **28**:555-558.
- Wallner, W. 1987. Factors affecting insect population dynamics: differences between outbreak and non-outbreak species. *Annual Review of Entomology* **32**:317-340.
- Waterhouse, D. F., and D. P. A. Sands. 2001. Classical biological control of arthropods in Australia. CSIRO Entomology, Australian Centre for International Agricultural Research, Canberra, Australia.
- Weber, D. C., and J. G. Lundgren. 2009. Assessing the trophic ecology of the Coccinellidae: their roles as predators and as prey. *Biological Control* **51**:199-214.
- Weber, G. 1985. On the ecological genetics of *Metopolophium dirhodum* (Walker) (Hemiptera, Aphididae). *Zeitschrift für Angewandte Entomologie* **100**:451-458.
- Weems Jr, H. V. 1954. Natural enemies and insecticides that are detrimental to beneficial Syrphidae. *Ohio Journal of Science* **54**:45-54.
- Werling, B. P., and C. Gratton. 2008. Influence of field margins and landscape context

- on ground beetle diversity in Wisconsin (USA) potato fields. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **128**:104-108.
- Werling, B. P., T. D. Meehan, C. Gratton, and D. A. Landis. 2011. Influence of habitat and landscape perennality on insect natural enemies in three candidate biofuel crops. *Biological Control* **59**:304-312.
- Wiedenmann, R. N., and J. Smith. 1997. Attributes of natural enemies in ephemeral crop habitats. *Biological Control* **10**:16-22.
- Wiens, J. A. 1989. Spatial scaling in ecology. *Functional Ecology* **3**:385-397.
- Wiens, J. A. 2002. Central concepts and issues of landscape ecology. Pages 3-21 *in* K. J. Gutzwiller, editor. *Applying landscape ecology in biological conservation*. Springer, New York, New York, USA.
- Wiens, J. A., and B. T. Milne. 1989. Scaling of 'landscapes' in landscape ecology, or, landscape ecology from a beetle's perspective. *Landscape Ecology* **3**:87-96.
- Wilby, A., Thomas, M.B. 2005. Biodiversity and the functioning of selected terrestrial ecosystems: agricultural systems. *In* *Biodiversity: structure and function*. EOLSS. Oxford, UK.
- Wilcox, R. R. 2005. *Introduction to robust estimation and hypothesis testing*. Second edition. Elsevier, Burlington, Massachusetts, USA.
- Woltz, M. J., and D. A. Landis. 2014. Coccinellid response to landscape composition and configuration. *Agricultural and Forest Entomology* **16**:341-349.
- Wood, D., J. M. Lenne, and 1999. *Agrobiodiversity: characterization, utilization, and management*. CAB International, Wallingford, UK.
- Wu, J. 2004. Effects of changing scale on landscape pattern analysis: scaling relations. *Landscape Ecology* **19**:125-138.
- Wu, J. 2007. Scale and scaling: a cross-disciplinary perspective. Pages 115-142 *in* J. Wu and R. J. Hobbs, editors. *Key topics in landscape ecology*. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Wu, J. 2013. Landscape Ecology. Pages 179-200 *in* R. Leemans, editor. *Ecological Systems*. Springer, New York, New York, USA.
- Wu, J. 2015. History and Evolution of the Journal Landscape Ecology. Pages 55-73 *in* G. W. Barrett, T. L. Barrett, and J. Wu, editors. *History of landscape ecology in the United States*. Springer, New York, New York, USA.

- Wu, J., and R. Hobbs. 2007. Landscape ecology: the state-of-the-science. Pages 271-287 in J. Wu and R. Hobbs, editors. Key topics in landscape ecology. Cambridge University Press, Cambridge, UK.
- Wu, J., and H. Li. 2006. Concepts of scale and scaling. Pages 3-15 in J. Wu, K. B. Jones, H. Li, and O. L. Loucks, editors. Scaling and uncertainty analysis in ecology. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- Zevenbergen, C., A. Cashman, N. Evelpidou, E. Pasche, S. Garvin, and R. Ashley. 2010. Urban flood management. CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- Zhao, Z. H., C. Hui, Z. H. Li, and B. L. Li. 2015. Habitat heterogeneity stabilizes the spatial and temporal interactions between cereal aphids and parasitic wasps. *Basic and applied ecology* **16**:510-518.
- Zonneveld, I.S. 1972. Land evaluation and land(scape) science. Use of aerial photographs in geography and geomorphology. ITC textbook of photo-interpretation. Vol.VII. International Training Centre for Aerial Survey, Enschede, The Netherlands.
- Zuur, A. Ieno, E. N. Walker, N. J. Saveliev, A. A. & Smith, G. M. 2009: Mixed effects models and extensions in ecology with R. Springer, New York, New York, USA.
- Žikić, V., M. Ilić-Milošević, S. Stanković, A. Petrović, O. Petrović-Obradović, N. Kavallieratos, P. Starý, and Ž. Tomanović. 2012. Aphidiinae (Hymenoptera: Braconidae) of Serbia and Montenegro-tritrophic interactions. *Acta Entomologica Serbica* **17**:83-105.

PRILOZI

Lista 1. Fitocenološki snimci 3 tipa staništa za svih 15 predela obuhvaćenih istraživanjem po metodi po metodi BRAUN-BLANQUET-a:

Predeo	Pšenica	Fitocenološki snimak	Lucerka	Fitocenološki snimak	Utrina	Fitocenološki snimak
P1	<i>Triticum aestivum</i>	5.5	<i>Medicago sativa</i>	5.5	<i>Mentha longifolia</i>	1.2
	<i>Convolvulus arvensis</i>	+	<i>Lolium perene</i>	+	<i>Euphorbia cyparissias</i>	+
	<i>Cirsium arvense</i>	+	<i>Stenactis annua</i>	+	<i>Agropyron repens</i>	2.2
	<i>Agropyron repens</i>	+	<i>Convolvulus arvensis</i>	+	<i>Salvia verticillata</i>	2.3
	<i>Rubus</i> sp.	+	<i>Crepis biennis</i>	+	<i>Rubus</i> sp.	+
	<i>Mentha longifolia</i>	+	<i>Bromus sterilis</i>	+	<i>Hypericum perforatum</i>	2.2
	<i>Sambucus ebulus</i>	+			<i>Melandryum album</i>	+
	<i>Sorghum halepense</i>	+			<i>Lathyrus tuberosus</i>	1.1
	<i>Veronica dentata</i>	+			<i>Agrostema gitago</i>	+
P2	<i>Triticum aestivum</i>	5.5	<i>Medicago sativa</i>	5.5	<i>Cirsium arvense</i>	+
	<i>Calistegia sepium</i>	+	<i>Lolium perene</i>	+	<i>Stenactis annua</i>	1.1
	<i>Agropyron repens</i>	+	<i>Sonchus ubran</i>	+	<i>Convolvulus arvensis</i>	+
	<i>Ambrosia artemisifolia</i>	+	<i>Sorghum halepense</i>	+	<i>Pastinaca sativa</i>	+
	<i>Mentha longifolia</i>	+			<i>Rumex crispus</i>	+
	<i>Galium aparine</i>	1.2			<i>Melandryum album</i>	+
					<i>Lathyrus tuberosus</i>	2.3
					<i>Cichorium intybus</i>	+
					<i>Vicia tetrasperma</i>	3.3
					<i>Lotus corniculatus</i>	2.3
					<i>Dipsacus laciniatus</i>	+
					<i>Torilis arvensis</i>	+
					<i>Linaria vulgaris</i>	+
					<i>Stelaria media</i>	+
					<i>Plantago lanceolata</i>	+
P3	<i>Triticum aestivum</i>	5.5	<i>Medicago sativa</i>	5.5	<i>Cirsium arvense</i>	+
			<i>Lactuca seriola</i>	+	<i>Mentha longifolia</i>	+
			<i>Convolvulus arvensis</i>	+	<i>Agropyron repens</i>	3.2
			<i>Veronica hederifolia</i>	+	<i>Achillea millefolium</i>	+
			<i>Taraxacum officinale</i>	+	<i>Pastinaca sativa</i>	+
			<i>Rumex crispus</i>	+	<i>Rubus</i> sp.	+
			<i>Sonchus ubran</i>	r	<i>Lathyrus tuberosus</i>	2.2
					<i>Galium album</i>	1.2

Lista 1. Nastavak sa prethodne strane.

				<i>Cichorium intybus</i>	+	
				<i>Rosa sp.</i>	+	
P4	<i>Triticum aestivum</i>	5.5	<i>Medicago sativa</i>	5.5	<i>Stenactis annua</i>	2.2
	<i>Convolvulus arvensis</i>	+	<i>Plantago media</i>	r	<i>Lactuca seriola</i>	1.2
	<i>Silene vulgaris</i>	r	<i>Lolium perene</i>	+	<i>Aster tradescantii</i>	2.3
	<i>Stelaria media</i>	+	<i>Calamagrostis epigeios</i>	+	<i>Ambrosia artemisifolia</i>	+
			<i>Convolvulus arvensis</i>	+		
			<i>Veronica hederifolia</i>	+		
P5	<i>Triticum aestivum</i>	5.5	NA	NA	<i>Poa pratensis</i>	1.2
	<i>Agropyron repens</i>	+			<i>Cirsium arvense</i>	+
	<i>Sorghum halepense</i>	+			<i>Stenactis annua</i>	+
	<i>Phragmites australis</i>	+			<i>Myosotis arvensis</i>	+
					<i>Lactuca seriola</i>	2.2
					<i>Aster tradescantii</i>	2.2
					<i>Rumex crispus</i>	1.1
					<i>Taraxacum officinale</i>	+
					<i>Epilobium hirsutum</i>	+
					<i>Gratiola officinalis</i>	+
					<i>Dipsacus laciniatus</i>	2.2
					<i>Lapsana communis</i>	+
					<i>Lycopus europaeus</i>	+
P6	<i>Triticum aestivum</i>	5.5	<i>Medicago sativa</i>	4.5	<i>Poa pratensis</i>	2.2
	<i>Convolvulus arvensis</i>	+	<i>Lactuca seriola</i>	+	<i>Cirsium arvense</i>	2.3
	<i>Cirsium arvense</i>	+	<i>Silene vulgaris</i>	+	<i>Stenactis annua</i>	1.1
	<i>Lolium perene</i>	+	<i>Echinochloa crus-galli</i>	1.1	<i>Aster tradescantii</i>	+
	<i>Silene vulgaris</i>	+	<i>Polygonum lapathifolium</i>	+	<i>Rumex crispus</i>	2.2
	<i>Agropyron repens</i>	+	<i>Chenopodium album</i>	+	<i>Gratiola officinalis</i>	+
	<i>Galium aparine</i>	+	<i>Citrus vulgaris</i>	+	<i>Linaria vulgaris</i>	+
	<i>Consolida regalis</i>	+	<i>Stachys recta</i>	r	<i>Plantago lanceolata</i>	+
	<i>Lathyrus tuberosus</i>	+			<i>Silene vulgaris</i>	+
					<i>Verbena officinalis</i>	1.1
					<i>Medicago sativa</i>	+
					<i>Trifolium repens</i>	+
					<i>Picris hieracioides</i>	1.1
P7	<i>Triticum aestivum</i>	5.5	<i>Medicago sativa</i>	5.5	<i>Poa pratensis</i>	1.2
	<i>Convolvulus arvensis</i>	+	<i>Lolium perene</i>	+	<i>Mentha longifolia</i>	2.2
					<i>Lactuca seriola</i>	+
					<i>Agropyron repens</i>	1.2
					<i>Convolvulus arvensis</i>	+
					<i>Artemisia vulgaris</i>	+
					<i>Rubus sp.</i>	1.2

Lista 1. Nastavak sa prethodne strane.

				<i>Hypericum perforatum</i>	+	
				<i>Urtica dioica</i>	+	
				<i>Cichorium intybus</i>	+	
				<i>Rosa</i> sp.	+	
				<i>Matricaria inodora</i>	1.1	
				<i>Chenopodium album</i>	+	
				<i>Silene vulgaris</i>	+	
				<i>Carduus acanthoides</i>	+	
				<i>Consolida regalis</i>	+	
P8	<i>Triticum aestivum</i>	5.5	<i>Medicago sativa</i>	5.5	<i>Cirsium arvense</i>	1.1
	<i>Convolvulus arvensis</i>	+	<i>Lolium perene</i>	+	<i>Agropyron repens</i>	+
	<i>Calistegia sepium</i>	+	<i>Cichorium intybus</i>	+	<i>Convolvulus arvensis</i>	+
			<i>Carduus acanthoides</i>	+	<i>Rubus</i> sp.	+
					<i>Vicia hirsuta</i>	4.3
					<i>Carduus acanthoides</i>	1.1
					<i>Dactylis glomerata</i>	2.3
					<i>Calamagrostis epigeios</i>	+
	P9	<i>Triticum aestivum</i>	5.5	<i>Medicago sativa</i>	5.5	<i>P.pra</i>
<i>Aristolochia clematitis</i>		+	<i>Plantago media</i>	1.1	<i>Cirsium arvense</i>	2.2
<i>Convolvulus arvensis</i>		+	<i>Lolium perene</i>	1.2	<i>Stenactis annua</i>	1.2
<i>Cirsium arvense</i>		+	<i>Stenactis annua</i>	+	<i>Myosotis arvensis</i>	+
<i>Lolium perene</i>		1.1	<i>Sonchus oleraceus</i>	+	<i>Mentha longifolia</i>	1.3
			<i>Lactuca seriola</i>	r	<i>Rubus</i> sp.	+
			<i>Myosotis arvensis</i>	r	<i>Euphorbia cyparissias</i>	+
					<i>Bromus sterilis</i>	r
					<i>Lactuca seriola</i>	+
P10	<i>Triticum aestivum</i>	5.5	<i>Medicago sativa</i>	5.5	<i>Stenactis annua</i>	+
	<i>Convolvulus arvensis</i>	+	<i>Stenactis annua</i>	r	<i>Mentha longifolia</i>	1.1
	<i>Calistegia sepium</i>	+	<i>Agropyron repens</i>	+	<i>Aster tradescantii</i>	3.2
	<i>Agropyron repens</i>	+	<i>Mentha longifolia</i>	+	<i>Achillea millefolium</i>	1.2
	<i>Avena sativa</i>	+	<i>Taraxacum officinale</i>	+	<i>Vicia</i> sp.	1.2
	<i>Veronica hederifolia</i>	+	<i>Galium album</i>	+	<i>Artemisia vulgaris</i>	2.3
	<i>Symphytum tuberosum</i>	+	<i>Crepis biennis</i>	+	<i>Pastinaca sativa</i>	1.1
	<i>Lamium purpureum</i>	+			<i>Festuca pratensis</i>	3.3
					<i>Galium album</i>	2.2
					<i>Symphytum tuberosum</i>	1.1
					<i>Trifolium pratense</i>	1.2
					<i>Ulmus</i> sp.	+
					<i>Lathyrus pratensis</i>	1.2
					<i>Galium verum</i>	1.2
					<i>Taraxacum officinale</i>	+

Lista 1. Nastavak sa prethodne strane.

				<i>Conium maculatum</i>	1.1	
				<i>Equisetum sp.</i>	r	
				<i>Calistegia sepium</i>	+	
				<i>Aristolochia clematidis</i>	1.1	
				<i>Epilobium hirsutum</i>	1.1	
				<i>Urtica dioica</i>	+	
				<i>Lathyrus veliki</i>	1.2	
P11	<i>Triticum aestivum</i>	5.5	<i>Medicago sativa</i>	5.5	<i>Poa pratensis</i>	2.2
	<i>Convolvulus arvensis</i>	+	<i>Lolium perene</i>	+	<i>Cirsium arvense</i>	+
	<i>Calistegia sepium</i>	+	<i>Stenactis annua</i>	r	<i>Stenactis annua</i>	+
	<i>Hordeum sativum</i>	r	<i>Lactuca seriola</i>	+	<i>Mentha longifolia</i>	1.2
	<i>Avena sativa</i>	+	<i>Convolvulus arvensis</i>	+	<i>Agropyron repens</i>	3.2
	<i>Sorghum halepense</i>	+	<i>Veronica hederifolia</i>	+	<i>Artemisia vulgaris</i>	+
	<i>Galium aparine</i>	1.2	<i>Plantago lanceolata</i>	+	<i>Pastinaca sativa</i>	+
			<i>Sorghum halepense</i>	+	<i>Rubus sp.</i>	1.1
					<i>Lathyrus tuberosus</i>	+
					<i>Galium album</i>	1.1
					<i>Lycopus exaltatus</i>	+
					<i>Vicia hirsuta</i>	1.1
					<i>Trifolium arvense</i>	1.1
					<i>Gratiola officinalis</i>	+
P12	<i>Triticum aestivum</i>	5.5	<i>Medicago sativa</i>	5.5	<i>Poa pratensis</i>	4.5
	<i>Sorghum halepense</i>	r	<i>Lolium perene</i>	1.2	<i>Cirsium arvense</i>	1.1
	<i>Myosotis arvensis</i>	r	<i>Plantago lanceolata</i>	+	<i>Mentha longifolia</i>	+
			<i>Rumex crispus</i>	r	<i>Lactuca seriola</i>	+
			<i>Cichorium intybus</i>	+	<i>Aster tradescantii</i>	+
					<i>Matricaria inodora</i>	1.1
					<i>Xanthium italicum</i>	1.1
P13	<i>Triticum aestivum</i>	5.5	<i>Medicago sativa</i>	5.5	<i>Poa pratensis</i>	1.2
	<i>Calistegia sepium</i>	+	<i>Plantago media</i>	+	<i>Stenactis annua</i>	+
	<i>Chenopodium album</i>	+	<i>Lolium perene</i>	+	<i>Myosotis arvensis</i>	+
			<i>Convolvulus arvensis</i>	+	<i>Bromus sterilis</i>	+
			<i>Veronica hederifolia</i>	+	<i>Lactuca seriola</i>	r
			<i>Agropyron repens</i>	1.2	<i>Agropyron repens</i>	4.3
			<i>Silene vulgaris</i>	r	<i>Convolvulus arvensis</i>	+
					<i>Pastinaca sativa</i>	+
					<i>Rubus sp.</i>	r
					<i>Hypericum perforatum</i>	r
					<i>Rumex crispus</i>	1.1
					<i>Melandryum album</i>	r
					<i>Ephorbia virgata</i>	r

Lista 1. Nastavak sa prethodne strane.

				<i>Gratiola officinalis</i>	+	
P14	<i>Triticum aestivum</i>	5.5	<i>Medicago sativa</i>	5.5	<i>Poa pratensis</i>	1.1
	<i>Convolvulus arvensis</i>	+	<i>Veronica hederifolia</i>	+	<i>Cirsium arvense</i>	1.1
	<i>Cirsium arvense</i>	r	<i>Agropyron repens</i>	1.1	<i>Stenactis annua</i>	+
	<i>Calistegia sepium</i>	+	<i>Sonchus Verin</i>	1.1	<i>Myosotis arvensis</i>	+
	<i>Agropyron repens</i>	+	<i>Geranium pusilum</i>	+	<i>Mentha longifolia</i>	+
	<i>Hordeum sativum</i>	r			<i>Bromus sterilis</i>	1.1
	<i>Ambrosia artemisifolia</i>	+			<i>Agropyron repens</i>	4.3
					<i>Falcaria vulgaris</i>	+
					<i>Alopecurus pratensis</i>	1.1
					<i>Achillea millefolium</i>	+
					<i>Vicia sp.</i>	1.2
					<i>Salvia verticillata</i>	1.2
					<i>Convolvulus arvensis</i>	+
					<i>Artemisia vulgaris</i>	+
					<i>Pastinaca sativa</i>	r
P15	<i>Calistegia sepium</i>	+	<i>Medicago sativa</i>	5.5	<i>Stenactis annua</i>	3.4
	<i>Hordeum sativum</i>	5.5	<i>Lolium perene</i>	+	<i>Euphorbia cyparissias</i>	+
	<i>Polygonum aviculare</i>	+	<i>Stenactis annua</i>	r	<i>Agropyron repens</i>	1.2
			<i>Veronica hederifolia</i>	+	<i>Convolvulus arvensis</i>	+
			<i>Capsella bursa-pastoris</i>	+	<i>Lathyrus tuberosus</i>	1.1
			<i>Plantago lanceolata</i>	r	<i>Clematis vitalba</i>	+
			<i>Lactuca seriola</i>	+	<i>Vitis vinifera</i>	+
					<i>Tragopon pratensis</i>	r
					<i>Gratiola officinalis</i>	r

Lista 2. Lista vrsta biljnih vašiju zabeleženih u 3 tipa staništa. Vrste biljnih vašiju nove za Srbiju su boldovane:

Pšenica		No/m ²	Lucerka		No/m ²	Utrina		No/m ²
1	<i>Methopolophium</i>	6860.76	<i>Aphis</i>	7513.33		<i>Aphis acetosae</i>		302.6
	<i>dihrodum</i>		<i>craccivora</i>					
2	<i>Sitobion avenae</i>	31013.32	<i>Acyrtosiphon</i>	6192.18		<i>Aphis affinis</i>		154.2
			<i>pisum</i>					
3			<i>Therioaphis</i>	2340.91		<i>Aphis chloris</i>		221.6
			<i>trifolii</i>					
4						<i>Aphis craccivora</i>		465.8
5						<i>Aphis epilobii</i>		50.2
6						<i>Aphis euphorbiae</i>		25.8
7						<i>Aphis fabae</i>		346.6
8						<i>Aphis fabae cirsiacanthoidis</i>		2292.2
9						<i>Aphis intybi</i>		1357.6
10						<i>Aphis jacobaeae</i>		134.8
11						<i>Acyrtosiphon lactucae</i>		161.4
12						<i>Acyrtosiphon malvae</i>		25
13						<i>Aphis molluginis</i>		149.2
14						<i>Acyrtosiphon pisum</i>		2012.2
15						<i>Aphis ruborum</i>		21
16						<i>Aphis rumicis</i>		339
17						<i>Ammiaphis sii</i>		40
18						<i>Aphis urticata</i>		153.4
19						<i>Amphorophora</i> sp.		6.8
20						<i>Brachycaudus cardui</i>		1657.8
21						<i>Brachycaudus helichrysi</i>		253.4
22						<i>Brachycaudus lychnidis</i>		13
23						<i>Brachycaudus prunicola</i>		45
24						<i>Brachycaudus tragopogonis</i>		81.6
25						<i>Hyperomyzus lactucae</i>		4
26						<i>Hyperomyzus picridis</i>		43.3
27						<i>Macrosiphum/Amphorophora</i>		9.8
28						<i>Macrosiphoniella artemisiae</i>		119
29						<i>Metopeurum fuscoviridae</i>		604.4
30						<i>Myzus lythri</i>		89.2
31						<i>Macrosiphoniella millefolii</i>		1.8
32						<i>Myzus persicae</i>		44.2
33						<i>Macrosiphum rosae</i>		168.2
34						<i>Macrosiphoniella/Uroleucon</i>		54.2
35						<i>Ovatus insitus</i>		6.8
36						<i>Pleotrichophorus</i>		0.4
						<i>glandulosus</i>		
37						<i>Schizaphis graminum</i>		19.2
38						<i>Sypha</i> sp.		16.4
39						<i>Therioaphis</i> sp.		4.2
40						<i>Uroleucon cichorii</i>		16.4
41						<i>Uroleucon erigeronense</i>		13.6
42						<i>Uroleucon jaceae</i>		14.2
43						<i>Uroleucon sonchi</i>		208.8
44						<i>Uroleucon</i> sp.		8

No/m²– ukupan broj jedinki zabeležen po m² u svih 15 predela obuhvaćenih istraživanjem

Lista 3. Lista vrsta primarnih parazitoida zabeleženih u 3 tipa staništa i njihove brojnosti (u uzorcima od 100 mumija za polja pšenice i lucerke, i na osnovu svih mumija sakupljenih u 5 m² u utrinama) u svih 15 predela obuhvaćenih istraživanjem sumarno:

	Pšenica	No	Lucerka	No	Utrina	No
1	<i>Aphelinus abdominalis</i>	1	<i>Aphidius eadyi</i>	497	<i>Aphidius absinthii</i>	90
2	<i>Adialytus ambiguus</i>	2	<i>Aphidius ervi</i>	136	<i>Adialytus ambiguus</i>	3
3	<i>Aphidius ervi</i>	145	<i>Binodoxys acalephae</i>	48	<i>Aphelinus chaonia</i>	3
4	<i>Aphidius rhopalosiphum</i>	38	<i>Lysiphlebus fabarum</i>	17	<i>Aphelinus daucicola</i>	7
5	<i>Aphidius uzbeckistanicus</i>	287	<i>Praon barbatum</i>	16	<i>Aphidius eadyi</i>	18
6	<i>Ephedrus plagiator</i>	2	<i>Praon exsoletum</i>	268	<i>Aphidius funebris</i>	11
7	<i>Praon volucre</i>	43	<i>Praon volucre</i>	1	<i>Aphidius rosae</i>	58
8			<i>Trioxys complanatus</i>	2*	<i>Aphidius tanacetarius</i>	10
9					<i>Binodoxys acalephae</i>	38
10					<i>Ephedrus niger</i>	16
11					<i>Lipolexis gracilis</i>	47
12					<i>Lysiphlebus cardui</i>	141
13					<i>Lysiphlebus fabarum</i>	281
14					<i>Lysiphlebus hirticornis</i>	20
15					<i>Lysiphlebus orientalis</i>	7
16					<i>Praon abjectum</i>	2
17					<i>Praon volucre</i>	76

* Metodom košenja je registrovano 211 jedinki *Trioxys complanatus* u svih 15 predela obuhvaćenih istraživanjem sumarno.

Lista 4. Lista vrsta hiperparazitoida zabeleženih u 3 tipa staništa i njihove brojnosti (u uzorcima od 100 mumija za polja pšenice i lucerke, i na osnovu svih mumija sakupljenih u 5 m² u utrinama) u svih 15 predela obuhvaćenih istraživanjem sumarno:

	Pšenica	No	Lucerka	No	Utrina	No
1	<i>Alloxysta castanea</i>	2	<i>Alloxysta arcuata</i>	1	<i>Alloxysta arcuata</i>	3
2	<i>Alloxysta fracticornis</i>	19	<i>Alloxysta fuscicornis</i>	3	<i>Alloxysta brevis</i>	6
3	<i>Alloxysta kovilovica</i>	3	<i>Alloxysta kovilovica</i>	4	<i>Alloxysta victrix</i>	2
4	<i>Alloxysta victrix</i>	56	<i>Alloxysta pleuralis</i>	1	<i>Asaphes suspensus</i>	1
5	<i>Asaphes suspensus</i>	28	<i>Asaphes suspensus</i>	31	<i>Dendrocerus carpenteri</i>	1
6	<i>Asaphes vulgaris</i>	29	<i>Dendrocerus aphidum</i>	15	<i>Syrphophagus aphidivorus</i>	5
7	<i>Dendrocerus aphidum</i>	21	<i>Dendrocerus carpenteri</i>	4		
8	<i>Dendrocerus carpenteri</i>	35	<i>Pachyneuron formosum</i>	1		
9	<i>Pachyneuron villosa</i>	3	<i>Pachyneuron muscarum</i>	1		
10	<i>Pachyneuron aphidis</i>	4	<i>Syrphophagus aphidivorus</i>	6		
11	<i>Pachyneuron muscarum</i>	86				
12	<i>Syrphophagus aphidivorus</i>	15				
13	<i>Syrphophagus arundinicola</i>	11				

Lista 5. Lista predatorskih vrsta bubamara u 3 tipa staništa i njihove brojnosti (80 otkosa) sumarno za sve analizirane predele:

	vrste Coccinellidae	Pšenica	Lucerka	Utrina	Ukupno
1	<i>Coccinella septempunctata</i>	5	79	64	148
2	<i>Coccinula quatuordecimpustulata</i>	-	2	2	4
3	<i>Harmonia axyridis</i>	3	5	11	19
4	<i>Hippodamia variegata</i>	3	67	-	70
5	<i>Propylea quatuordecimpunctata</i>	6	5	3	14
6	<i>Scymnus frontalis</i>	-	2	-	2
	Sumarno po tipu staništa	17	160	80	257

Lista 6. Lista predatorskih vrsta Hemiptera u 3 tipa staništa i njihove brojnosti (80 otkosa) sumarno za sve analizirane predele:

	vrste predatorskih Hemiptera	Pšenica	Lucerka	Utrina	Ukupno
1	<i>Campylomma verbasci</i>	-	1	-	1
2	<i>Deraeocoris (Camptobrochis) punctulatus</i>	-	1	-	1
3	<i>Deraeocoris (Camptobrochis) serenus</i>	-	28	-	28
4	<i>Deraeocoris (Cimicisapsus) flavilinea</i>	-	9	1	10
5	<i>Dicyphus (Dicyphus) hyalinipennis</i>	-	-	1	1
6	<i>Geocoris (Piocoris) erythrocephalus</i>	-	2	32	34
7	<i>Nabis (Nabis) fesus</i>	-	4	-	4
8	<i>Orius (Orius) niger</i>	2	26	5	33
9	<i>Zicrona coerulea</i>	-	-	4	4
	Sumarno po tipu staništa	2	71	43	116

Lista 7. Lista predatorskih vrsta Syrphidae u 3 tipa staništa i njihove brojnosti (80 otkosa) sumarno za sve analizirane predele:

	vrste fam. Syrphidae	Pšenica	Lucerka	Utrina	Zbirno
1	<i>Eristalis arbustorum</i>	-	-	1	1
2	<i>Episyrphus balteatus</i>	1	-	4	5
3	<i>Melanostoma mellinum</i>	-	4	2	6
4	<i>Syritta pipiens</i>	-	-	1	1
5	<i>Sphaerophoria scripta</i>	3	4	4	11
	Sumarno po tipu staništa	4	8	12	24

SPISAK SLIKA I TABELA:

Slika 1. Šematski prikaz interakcija između planiranog i neplaniranog diverziteta i njihov efekat na funkcionisanje agroekosistema.

Slika 2. Prikaz istraživanog područja sa prostornim rasporedom analiziranih predeonih sektora.

Slika 3. Prikaz gradijenta koji predstavlja udeo jednogodišnjih kultura (a) od manje od 20% i (b) više od 70% u krugu prečnika 1000 m opisanog oko odabranog polja.

Slika 4. Uporedni prikaz prostornog rasporeda odabranih polja lucerke na području Pančevačkog rita za 2011. godinu. (izvor: GoogleEarth).

Slika 5. Prikaz kategorija predela izdvojenih na osnovu zastupljenosti poluprirodne vegetacije u krugu prečnika 1000 m opisanog oko odabranog polja.

Slika 6. Barplotovi koji prikazuju (a) bogatstvo vrsta biljnih vaši, (b) bogatstvo vrsta primarnih parazitoida (c) bogatstvo vrsta hiperparazitoida, (d) brojnost biljnih vaši, (e) stope primarnog parazitizma i (f) stope hiperparazitizma u tri staništa (polje žita, polje lucerke i utrina).

Slika 7. Model predikcije interakcija između tri tipa staništa (polje pšenice, polje lucerke i utrina) i procenta žbunaste vegetacije u predelu za brojnost biljnih vaši.

Slika 8. Predikcije interakcija između tri staništa (polje pšenice, polje lucerke i utrina) i procenta jednogodišnjih kultura u predelu za brojnost bubamara ($\log(x + 1)$ transformisane) na osnovu modela.

Slika 9. Predikcije interakcija između tri staništa (polje pšenice, polje lucerke i utrina) i procenta jednogodišnjih kultura u predelu za brojnost predatorskih Hemiptera ($\log(x + 1)$ transformisane) na osnovu modela.

Slika 10. Predikcije interakcija između tri staništa (polje pšenice, polje lucerke i utrina) i procenta jednogodišnjih kultura u predelu za bogatstvo predatorskih vrsta (Coccinellidae i Hemiptera) na osnovu uprosečenih modela.

Slika 11. Grafički prikaz efekta sezonena (srednja vrednost + SD): A) brojnost biljnih vašiju sumarno, B) brojnost *A. pisum*, C) brojnost *T. trifolii*, D) primarni parazitizam za vašiju zbirno, E) primarni parazitizam *A. pisum*, F) primarni parazitizam *T. trifolii*.

Slika 12. Pregled trofičkih interakcija u sistemu lucerka-biljna vaš-primarni parazitoid-sekundarni parazitoid.

Slika 13. Brojnost biljnih vašiju po sezonama i stope primarnog parazitizma biljnih vašiju zbirno (srednja vrednost + SD): A) Brojnost biljnih vašiju sumarno, B) brojnost *A. pisum*, C) brojnost *T. trifolii*, D) brojnost *A. craccivora*.

Slika 14. Interaktivni efekat sezone i udela lucerke u predelu na brojnosti *A. pisum*.

Slika 15. Efekat udela lucerke u predelu po sezonama na brojnosti *T. trifolii*.

Slika 16. Podaci RHMZ Srbije o mesečnim visinama padavina i srednjim mesečnim temperaturama za 2010. i 2011. godinu za Beograd u odnosu na prosek za period 1961-1990 (prosečnevrednosti za dati period na graphicima su spojene krivom).

Slika 17. Filogenetski odnosi *Aphidius eadyi* fenotipova u drugih vrsta roda *Aphidius* dobijeni ML metodom u modelu HKY+I. „Bootstrap“ podrška je prikazana u nivou grananja. Prikazane su samo vrednosti veće od 50%.

Slika 18. Filogenetski odnosi *Aphidius eadyi* fenotipova u drugih vrsta roda *Aphidius* dobijeni MP. „Bootstrap“ podrška je prikazana u nivou grananja. Prikazane su samo vrednosti veće od 50%.

Slika 19. Filogenetski odnosi *Aphidius eadyi* fenotipova u drugih vrsta roda *Aphidius* dobijeni NJ. „Bootstrap“ podrška je prikazana u nivou grananja. Prikazane su samo vrednosti veće od 50%.

Tabela 1. Definicije skale - dimenzije, tipovi i komponente.

Tabela 2. Pregled vrsta insekata koje se komercijalno koriste širom sveta u programima augmentativne biološke kontrole, područje primene, godina prve upotrebe i tržišna vrednost.

Tabela 3. Procenat različitih tipova pokrivača u proučavanim predelima unutar kruga poluprečnika 500 m opisanog oko odabranih polja.

Tabela 4. Vrednosti Spirmanovog koeficijenta korelacije između predeonih varijabli na za područje okoline Smedereva.

Tabela 5. Lista modela kandidata za utvrđivanje značaja tipa staništa (H) i predeonih varijabli (P_{JK} , P_{ZV} , P_{ZV}) za brojnosti biljnih vašiju, bubamara i predatorskih stenica, primarnog parazitizma i hiperparazitizma i bogatstva vrsta svih grupa organizama.

Tabela 6. Vrednosti Spirmanovog koeficijenta korelacije između predeonih varijabli za područje Pančevačkog rita.

Tabela 7. Pregled jedinki *Aphidius eadyi* korišćenih u molekularnim analizama. Sa *Aphidius* cf. *eadyi* su obeleženi primerci koji su imali žut fenotip.

Tabela 8. Lista modela kandidata za brojnost biljnih vašiju korišćena u metodi zaključivanja korišćenjem većeg broja modela (engl. “multi model inference”) kao funkcija predeonih karakteristika i tipa staništa.

Tabela 9. Procena parametara (β), standardna greška (SE), interval poverenja (95% CI), i p-vrednosti za fiksne efekte na osnovu najboljeg modela (Model11) koji predviđa brojnost biljnih vašiju u funkciji tipa staništa (H), Procenat žbunaste vegetacije u predelu (L_{ZV}) i njihove interakcije.

Tabela 10. Lista modela kandidata za bogatstvo vrsta biljnih vašiju korišćena u metodi zaključivanja korišćenjem većeg broja modela (“multi model inference”) kao funkcija predeonih karakteristika i tipa staništa.

Tabela 11. Procena parametara (β), standardna greška (S.E), interval poverenja (95% CI) i p-vrednosti za fiksne efekte na osnovu najboljeg modela (Model1) koji predviđa bogatstvo vrsta biljnih vašiju u funkciji tipa staništa (H).

Tabela 12. Lista modela kandidata za primarni parazitizam korišćena u metodi zaključivanja korišćenjem većeg broja modela (“multi model inference”) kao funkcija predeonih karakteristika i tipa staništa.

Tabela 13. Lista modela kandidata za hiperparazitizam korišćena u metodi zaključivanja korišćenjem većeg broja modela (“multi model inference”) kao funkcija predeonih karakteristika i tipa staništa.

Tabela 14. Procena parametara (β), standardna greška (SE), interval poverenja (95% CI) i p-vrednosti za fiksne efekte na osnovu najboljeg modela (Model1) koji predviđa primarni parazitizam i hiperparazitizam u funkciji tipa staništa (H).

Tabela 15. Lista modela kandidata za bogatstvo vrsta primarnih parazitoida korišćena u metodi zaključivanja korišćenjem većeg broja modela (“multi model inference”) kao funkcija predeonih karakteristika i tipa staništa.

Tabela 16. Procena parametara (β), standardna greška (SE), interval poverenja (95% CI) i p-vrednosti za fiksne efekte na osnovu najboljeg modela (Model1) koji predviđa bogatstvo vrsta primarnih parazitoida i sekundarnih parazitoida u funkciji tipa staništa (H).

Tabela 17. Lista modela kandidata za bogatstvo vrsta hiperparazitoida korišćena u metodi zaključivanja korišćenjem većeg broja modela (“multi model inference”) kao funkcija predeonih karakteristika i tipa staništa.

Tabela 18. Lista modela kandidata za brojnost Coccinellidae korišćena u metodi zaključivanja korišćenjem većeg broja modela (“multi model inference”) kao funkcija predeonih karakteristika i tipa staništa.

Tabela 19. Procena parametara (β), standardna greška (SE), interval poverenja (95% CI) i p-vrednosti za fiksne efekte na osnovu najboljeg modela koji predviđa relativnu brojnost predatorskih Coccinellidae u funkciji tipa staništa (H) i procentualne zastupljenosti jednogodišnjih kultura u predelu (P_{JK}) uključujući i njihovu interakciju ($H \times P_{JK}$).

Tabela 20. Lista modela kandidata za brojnost predatorskih Hemiptera korišćena u metodi zaključivanja korišćenjem većeg broja modela (“multi model inference”) kao funkcija predeonih karakteristika i tipa staništa.

Tabela 21. Procena parametara (β), standardna greška (SE), interval poverenja (95% CI) i p-vrednosti za fiksne efekte korišćenjem metode uprosečavanja modela kandidata (engl. “*model averaging*”), koja predviđa relativnu brojnost predatorskih Hemiptera u funkciji tipa staništa (H) i procentualne zastupljenosti jednogodišnjih kultura u predelu (P_{JK}) uključujući i njihovu interakciju ($H \times P_{JK}$).

Tabela 22. Lista modela kandidata za bogatstvo predatorskih vrsta (Coccinellidae i Hemiptera) korišćena u metodi zaključivanja korišćenjem većeg broja modela (“multi model inference”) kao funkcija predeonih karakteristika i tipa staništa.

Tabela 23. Procena parametara (β), standardna greška (SE), interval poverenja (95% CI) i p-vrednosti za fiksne efekte korišćenjem metode uprosečavanja modela kandidata (engl. “*model averaging*”), koja predviđa bogatstvo predatorskih vrsta (Coccinellidae i Hemiptera) u funkciji tipa staništa (H) i procentualne zastupljenosti jednogodišnjih kultura u predelu (P_{JK}) uključujući i njihovu interakciju ($H \times P_{JK}$).

Tabela 24. Efekat predela, sezone i njihove interakcije na brojnosti biljnih vašiju sumarno i za pojedinačne vrste (Anova tipa III).

Tabela 25. Rezultati neparametarskog 2 way Brunner-Dette-Munk testa za parazitiranost biljnih vašiju sumarno.

Tabela 26. Rezultati neparametarskog 2 way Brunner-Dette-Munk testa za parazitiranost *A. pisum*.

Tabela 27. Rezultati neparametarskog 2 way Brunner-Dette-Munk test za parazitiranost *T. trifolii*.

Tabela 28. Broj vrsta i ukupna brojnost primarnih parazitoida biljnih vašiju lucerke, po sezonama i u odnosu na tip predela na ukupnom uzorku prikupljenom tokom 2010. godine.

Tabela 29. Pregled bogatsva i ukupne brojnosti vrsta hiperparazitoida na ukupnom uzorku prikupljenom tokom 2010. godine.

Tabela 30. Pregled broja i ukupne brojnosti identifikovanih vrsta primarnih parazitoida u svim uzorcima sumarno za 2011. godinu.

Tabela 31. Pregled broja i ukupne brojnosti identifikovanih vrsta hiperparazitoida u svim uzorcima sumarno po vrstama biljnih vašiju za 2011. godinu.

Tabela 32. Rezultati GLMM analize efekta sezone, udela lucerke u predelu i Shannon-ovog indeksa diverziteta predela na brojnost biljnih vašiju sumarno i za sve tri vrste pojedinačno.

Tabela 33. Rezultati GLMM analize efekta sezone, udela lucerke u predelu i Shannon-ovog indeksa diverziteta predela na stope primarnog parazitizma sumarno za sve tri vrste biljnih vašiju.

Tabela 34. Genetičke (K2P) distane između analiziranih fenotipova *Aphidius eadyi* vrste i drugih vrsta roda *Aphidius*.

BIOGRAFIJA AUTORA

Marina Janković, rođena 25.03.1982. godine u Beogradu, završila je osnovnu školu „Mića Stojković“ u Umčarima, a potom je u Beogradu upisala i završila Prvu beogradsku gimnaziju. Biološki fakultet Univerziteta u Beogradu upisala je školske 2001 / 2002. godine na studijskoj grupi Ekologija i zaštita životne sredine. Diplomirala je 2009. godine sa prosečnom ocenom 9.86. Doktorske studije na modulu Ekologija i biogeografija životinja upisala je 2009 / 2010. godine. U periodu od 2010. do 2011. godine bila je stipendista Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije. Tokom perioda stipendiranja dva puta je učestvovala kao predavač na Sajmu nauke studenata Biološkog fakulteta. Učestvovala je u realizaciji praktičnog dela kurseva „Ekologija i geografija životinja“ i „Čovek i životna sredina“ na Katedri za ekologiju i biogeografiju životinja. Od januara 2014. godine zaposlena je kao asistent na Katedri za zoologiju beskičmenjaka i entomologiju na Biološkom fakultetu Univerziteta u Beogradu.

Tokom dosadašnjeg naučno-istraživačkog rada Marina Janković je učestvovala u realizaciji dva nacionalna projekta finansirana od strane Ministarstva prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije (143006B, III43001) i jednom međunarodnom projektu. U dosadašnjoj karijeri ima ukupno 9 naučnih radova objavljenih u časopisima međunarodnog značaja, 7 kongresnih saopštenja na skupovima međunarodnog značaja i 2 kongresna saopštenja na skupovima domaćeg značaja.

Прилог 1.

Изјава о ауторству

Потписани-а Марина П. Јанковић

број индекса E3103/2009

Изјављујем

да је докторска дисертација под насловом

Предеоно-еколошка анализа биљних вашију и њихових природних непријатеља у агроекосистемима: диверзитет, биолошка контрола и таксономски статус паразитоида

- резултат сопственог истраживачког рада,
- да предложена дисертација у целини ни у деловима није била предложена за добијање било које дипломе према студијским програмима других високошколских установа,
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио интелектуалну својину других лица.

Потпис докторанда

У Београду, 29.02.2016

Јанковић Марина

Прилог 2.

**Изјава о истоветности штампане и електронске
верзије докторског рада**

Име и презиме аутора Марина П. Јанковић

Број индекса Е3103/2009

Студијски програм Екологија / Екологија животиња и биогеографија

Наслов рада Предеоно-еколошка анализа биљних вашију и њихових природних непријатеља у агроекосистемима: диверзитет, биолошка контрола и таксономски статус паразитоида

Ментори др Жељко Томановић, др Весна Гагић

Потписани/а Марина П. Јанковић

Изјављујем да је штампана верзија мог докторског рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла за објављивање на порталу **Дигиталног репозиторијума Универзитета у Београду**.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања доктора наука, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити на мрежним страницама дигиталне библиотеке, у електронском каталогу и у публикацијама Универзитета у Београду.

Потпис докторанда

У Београду, 29.02.2016

Јанковић Марина

Прилог 3.

Изјава о коришћењу

Овлашћујем Универзитетску библиотеку „Светозар Марковић“ да у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду унесе моју докторску дисертацију под насловом:

Предеоно-еколошка анализа биљних вашију и њихових природних непријатеља у агроекосистемима: диверзитет, биолошка контрола и таксономски статус паразитоида

која је моје ауторско дело.

Дисертацију са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

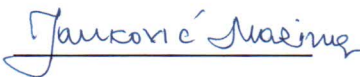
Моју докторску дисертацију похрањену у Дигитални репозиторијум Универзитета у Београду могу да користе сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се одлучио/ла.

1. Ауторство
2. Ауторство - некомерцијално
3. Ауторство – некомерцијално – без прераде
- ☒ 4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима
5. Ауторство – без прераде
6. Ауторство – делити под истим условима

(Молимо да заокружите само једну од шест понуђених лиценци, кратак опис лиценци дат је на полеђини листа).

Потпис докторанда

У Београду, _____ 29.02.2016 _____



1. Ауторство - Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.

2. Ауторство – некомерцијално. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.

3. Ауторство - некомерцијално – без прераде. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.

4. Ауторство - некомерцијално – делити под истим условима. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.

5. Ауторство – без прераде. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.

6. Ауторство - делити под истим условима. Дозвољавање умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.