## SVEUČILIŠTE JOSIPA JURJA STROSSMAYERA U OSIJEKU INSTITUT RUĐER BOŠKOVIĆ, ZAGREB Poslijediplomski interdisciplinarni sveučilišni studij Zaštita prirode i okoliša

# Željka Lončarić

Diskretni matematički modeli populacija komaraca (Culicidae) kao alat planiranja, provedbe suzbijanja i kontrole

Doktorska disertacija

OSIJEK, 2017.

#### TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku Institut Ruđer Bošković, Zagreb Poslijediplomski interdisciplinarni sveučilišni studij Zaštita prirode i okoliša Doktorska disertacija

Znanstveno područje: Prirodne znanosti Znanstveno polje: Biologija

#### DISKRETNI MATEMATIČKI MODELI POPULACIJA KOMARACA (CULICIDAE) KAO ALAT PLANIRANJA, PROVEDBE SUZBIJANJA I KONTROLE

#### Željka Lončarić, prof. biol. i kem.

Doktorska disertacija je izrađena u: Odjel za biologiju, Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera

Mentor: izv.prof.dr.sc. Branimir K. Hackenberger

#### Kratki sažetak doktorske disertacije:

Populacije komaraca su izuzetno stabilne i otporne na kratkotrajni i sezonski stres. Stoga, kako bi se smanjila ukupna populacija komaraca u okvirima realnih troškova i realnih mogućnosti iznimno je važno poznavati dinamiku te ponašanje populacija komaraca pri različitim okolišnim čimbenicima i stresu. U ovom radu načinjeni su diskretni matematički modeli dinamike populacija komaraca pomoću kojih je pokazno na koji način i u kojoj mjeri je dinamika populacije komaraca ovisna o abiotičkim čimbenicima te su istraženi odgovori populacija modeliranih vrsta na promjene klimatskih čimbenika. Istražene su mogućnosti planiranja kontrole populacija komaraca na temelju rezultata modela te metode optimizacije primjene adulticida i larvicida. Tijekom izrade ovog rada korištena su softverska i hardverska rješenja temeljena na suvremenoj tehnologiji paralelnog računanja i GPU.

Broj stranica: 355
Broj slika: 439
Broj tablica: 82
Broj literaturnih navoda: 158
Jezik izvornika: hrvatski
Ključne riječi: matrični populacijski modeli, *Aedes vexans, Culex pipiens*, optimizacija metoda kontrole, wavelet-transformacija, klimatske promjene

#### Datum obrane: 28. rujna 2017.

#### Povjerenstvo za obranu:

- 1. **prof.dr.sc. Oleg Antonić**, redoviti profesor Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku Odjela za biologiju, predsjednik
- 2. dr.sc. Sunčana Geček, znanstvena suradnica Instituta Ruđer Bošković u Zagrebu, član
- 3. doc.dr.sc. Goran Vignjević, docent Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku Odjela za biologiju, član
- 4. **doc.dr.sc. Nataša Turić** docentica Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku Odjela za biologiju, zamjena člana

**Rad je pohranjen u:** Nacionalnoj i sveučilišnoj knjižnici Zagreb, Ul. Hrvatske bratske zajednice 4, Zagreb; Gradskoj i sveučilišnoj knjižnici Osijek, Europska avenija 24, Osijek; Sveučilištu Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, Trg sv. Trojstva 3, Osijek

#### **BASIC DOCUMENTATION CARD**

Josip Juraj Strossmayer University of Osijek Ruđer Bošković Institute, Zagreb Postgraduate Interdisciplinary University Doctoral Study of Enviromental Protection and Nature Conservation

Scientific Area: Natural science Scientific Field: Biology

## DISCRETE MATHEMATICAL MODELS OF MOSQUITO POPULATIONS (CULICIDAE) AS A TOOL FOR PLANNING AND IMPLEMENTATION OF MOSQUITO CONTROL

#### Željka Lončarić, prof. biol. i kem.

**Thesis performed at:** Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek **Supervisor:** Branimir Kutuzović Hackenberger, PhD, Associate Professor

#### Summary

Mosquito populations are extremely stable and resistant to short-term and seasonal stress. Therefore, in order to reduce the total mosquito population in terms of real costs and possibilities, it is extremely important to investigate the characteristics of mosquito population dynamics and response of entire population to various environmental factors and stress. In this thesis, discrete mathematical models of mosquito population depend on the abiotic factors, and the responses of dynamics of modelled species to climate change have been explored. The possibilities for planning the mosquito population control based on model results and optimization methods for application of adulticides and larvicides were also explored. During this work, software and hardware solutions based on modern parallel computing technology and GPU have been used.

Number of pages: 355 Number of figures: 439 Number of tables: 82 Number of references: 158 Original in: Croatian Key words: matrix population models, *Aedes vexans, Culex pipiens*, mosquito control optimization, wavelet-transform, climate change

#### Date of the thesis defense: 28<sup>th</sup> September 2017.

#### **Reviewers:**

- 1. Oleg Antonić, PhD, Full Professor, Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
- 2. Sunčana Geček, PhD, Research Associate, Ruđer Bošković Institute, Zagreb
- 3. Goran Vignjević, PhD, Assistant Professor, Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek
- 4. Nataša Turić, PhD, Assistant Professor, Department of Biology, Josip Juraj Strossmayer University of Osijek (substitute)

**Thesis deposited in:** National and University Library in Zagreb, Ul. Hrvatske bratske zajednice 4, Zagreb; City and University Library of Osijek, Europska avenija 24, Osijek; Josip Juraj Strossmayer University of Osijek, Trg sv. Trojstva 3, Osijek

PhD thesis

Tema rada prihvaćena je na 2. sjednici Sveučilišnog vijeća za poslijediplomske interdisciplinarne sveučilišne (doktorske) studije u akademskoj 2016./2017. godini održanoj 1. prosinca 2016. godine.

Ocjena doktorskog rada prihvaćena je na 10. sjednici Sveučilišnog vijeća za poslijediplomske interdisciplinarne sveučilišne (doktorske) studije u akademskoj 2016./2017. godini održanoj 7. rujna 2017. godine.

# Zahvala

Kao prvo, želim se zahvaliti svom mentoru, učitelju i prijatelju prof.dr.sc. Branimiru K. Hackenbergeru na vođenju, hrabrenju i bezuvjetnoj podršci koju mi je pružio prilikom izrade doktorskog rada, te na brojnim savjetima i neizmjerno velikom iskustvu koje mi je prenosio tijekom mog znanstvenog rada.

"A mentor is someone who sees more talent and ability within you, than you see in yourself, and helps bring it out of you."

Također se želim zahvaliti Domagoju Hackenbergeru i Tamari Đerđ na pomoći tijekom izrade doktorskog rada, te na društvu u labosu u brojnim kasnim satima.

Želim se zahvaliti i doc.dr.sc. Davorki K. Hackenberger na podršci tijekom izrade ovog doktorskog rada, te brojnim savjetima i ohrabrivanju.

Naravno, želim se zahvaliti i svim članovima stručnog povjerenstva koji su svojim sugestijama pomogli u poboljšanju kvalitete ove doktorske disertacije.

I na kraju, želim se zahvaliti svojoj obitelji na ljubavi, razumijevanju i bezuvjetnoj podršci koju su mi pružali tijekom izrade ovog rada ali i tijekom cijelog mog života.

# Sadržaj

1.Uvod	1
1.1. Ciljevi i hipoteze rada	1
2. Opći dio	3
2.1. Uloga matematičkih modela u biologiji	3
2.2. Matematičko modeliranje	4
2.3. Matrični populacijski modeli	5
2.3.1. Lesli-ev matrični model starosno strukturiranih populacija	5
2.3.2. Lefhovitch-ev matrični model populacija strukturiran po stadijima	6
2.3.3. Utjecaj gustoće populacije u matričnim modelima	7
2.4. Biologija modeliranih organizama	8
2.4.1. Biologija komaraca (Culicidae)	8
2.5. Primjena vremensko-frekvencijske analize u ekološkim istraživanjima	13
2.5.1. Fourierova transformacija (FT)	14
2.5.2. Vremenski kratka Fourierova transformacija (eng. Short Term Fourier Transform)	15
2.5.3. Wavelet transformacija	15
2.6. Paralelna obrada podatka i grafičke procesne jedinice (GPU)	16
2.7. Dubinska analiza podataka (eng. Data mining)	19
3. Materijali i metode	21
3.1. Konstruiranje projekcijske matrice	21
3.1.1. Određivanje dimenzija projekcijske matrice	21
3.1.2. Procjena parametara projekcijske matrice	22
3.1.3. Izračun vjerojatnosti prijelaza ( <i>Pi</i> ) u ovisnosti o srednjoj dnevnoj temperaturi i starosti jedinki	40
3.1.4. Modeliranje fekunditeta	44
3.1.5. Modeliranje utjecaja gustoće populacije	46
3.2. Konstruiranje 3D projekcijske matrice	47
3.2.1. Algoritam sastavljanja trodimenzionalne projekcijske hipermatrice	47
3.3. Opis modeliranih utjecaja	48
3.3.1. Utjecaj temperature	48
3.3.2. Utjecaj fotoperioda	48
3.3.3. Utjecaj kiše	49
3.3.4. Utjecaj plavljenja na vrstu komaraca Aedes vexans	50

	3.4. Parametri dinamike populacije	52
	3.5. Simulacije promjene abiotičkih čimbenika za jedanaestogodišnje razdoblje (20052015.) za vrste <i>Aedes vexans</i> i <i>Culex pipiens</i>	54
	3.5.1. Simulacija promjene srednjih dnevnih temperatura	54
	3.5.2. Simulacije promjene režima intenziteta plavljenja Dunava i Drave	
	za vrstu Aedes vexans	56
	3.5.3. Simulacije promjene kišnog režima za vrstu Culex pipiens	58
	3.6. Vremensko-frekvencijska analiza dinamike populacije komaraca <i>Aedes vexans</i> i <i>Culex pipier</i> u jedanaestogodišnjem razdoblju	ns 59
	3.6.1. Analiza unutar-populacijskih periodičnosti vremenskih serija po razvojnim stadijima za populacije komaraca <i>Culex pipiens</i> i <i>Aedes vexans</i>	60
	3.7. Simulacije tretiranja	64
	3.8. Paralelno računanje primjenom grafičkih procesnih jedinica (GPU)	66
	3.9. Informatičko okruženje, hardver i okolišni parametri	67
4. Rez	zultati	69
	4.1. Karakterizacija godina prema abiotičkim parametrima	69
	4.2. Dinamika populacije komaraca Aedes vexans u periodu od 2005. do 2015	71
	4.2.1. Analiza dinamike i populacijskih karakteristika komaraca <i>Aedes vexans</i> u razdoblju od 20052015. godine	80
	4.3. Dinamika populacije komaraca <i>Culex pipiens</i> u periodu od 20052015. godine	87
	4.4. Simulacije promjene abiotičkih čimbenika u jedanaestogodišnjem razdoblju (20052015.)	115
	4.4.1. Simulacija utjecaja promjene srednjih dnevnih temperatura na vrstu Aedes vexans	115
	4.4.2. Simulacija utjecaja promjene vodostaja Dunava i Drave na vrstu Aedes vexans	134
	4.4.3. Simulacija utjecaja promjene srednjih dnevnih temperatura na vrstu Culex pipiens	154
	4.4.4. Simulacija utjecaja promjene kišnog režima na vrstu Culex pipiens	183
	4.5. Vremensko-frekvencijska analiza	192
	4.5.1. Analiza periodičnosti vremenskih serija populacija modeliranih vrsta komaraca na godišnjoj razini i u jedanaestogodišnjem razdoblju	192
	4.5.2. Analiza periodičnosti vremenskih serija okolišnih varijabli relevantnih za modeliran vrste komaraca	e 209
	4.5.3. Analiza zajedničkih periodičnosti vremenskih serija dinamike populacije modeliranih vrsta komaraca i okolišnih varijabli	210
	4.6. Simulacije jednog bloka tretiranja	245
	4.6.1. Simulacije adulticidnih tretiranja na vrsti Aedes vexans	245
	4.6.2. Simulacije larvicidnih tretiranja na vrsti Aedes vexans	258
	4.6.3. Simulacije adulticidnih tretiranja na vrsti Culex pipiens	271
	4.6.4. Simulacije larvicidnih tretiranja na vrsti Culex pipiens	281
	4.7. Simulacije dva bloka tretiranja	289

4.7.1. Simulacije dva bloka tretiranja na vrsti Aedes vexans	289
4.7.2. Simulacije dva bloka tretiranja na vrst <i>Culex pipiens</i>	303
5. Rasprava	
5.1. Matrični populacijski modeli populacija komaraca Aedes vexans i Culex pipiens	319
5.2. Simulacije promjene abiotičkih čimbenika	323
5.2.1. Utjecaj promjene temperature okoliša	323
5.2.2. Utjecaj promjene režima plavljenja	326
5.2.3. Utjecaj promjene kišnog režima na vrstu Culex pipiens	327
5.3. Vremensko-frekvencijska analiza	328
5.4. Simulacije tretiranja	331
6. Zaključci	335
7. Literatura	339
8. Prilozi	349
9. Životopis	

## 1. Uvod

Dinamike populacija komaraca (Culicidae) su osjetljive na okolišne uvjete. Promjene okolišnih uvjeta pored utjecaja na dinamike populacija jako utječu i na rasprostranjenje ovih kukaca čime se direktno mijenja dinamika i opseg rasprostranjenja bolesti koje prenose. Globalne promjene u okolišu sve više usložnjavaju problematiku kontrole veličina populacija komaraca te postojeća praksa više nije u mogućnosti zadovoljiti sve veće potrebe učinkovitosti postupaka tretiranja. Kako bi se postupci tretiranja optimizirali nužno je detaljno poznavati parametre populacija komaraca u temporalnom smislu te utjecaj okolišnih čimbenika kako na veličinu parametara populacija tako i na promjene u njihovoj dinamici. Istraživanjem recentne literature ustanovljen je nedostatak učinkovitih alata kojima bi bilo moguće procijeniti optimalno vrijeme i optimalnu metodu tretiranja tijekom sezone.

Suvremena informatička tehnologija, i u hardverskom i u softverskom smislu, omogućava izradu visoko realnih simulacija populacija na kojima je moguće izvoditi računalne pokuse. Simulacija populacija temelji se na mehanističkom modelu populacije pojedine vrste komarca izgrađenom na cjelokupnoj postojećoj znanstvenoj literaturi iz koje se crpe izmjerene i dokazane zakonitosti, posebice glede utjecaja okolišnih čimbenika na populacijske parametre. Općenito, matematički model realnog objekta predstavlja ukupnost logičkih veza, formaliziranih ovisnosti i formula, koje omogućavaju proučavanje realnih objekata bez njegove eksperimentalne analize. Objekti ekoloških istraživanja su populacije, zajednice i ekosustavi pa stoga izvođenje eksperimenata na tim objektima nije moguće, jer potencijalno mogu dovesti do promjena ili čak uništenja ekološkog objekta. U tim slučajevima jasno je da matematičko modeliranje igra ključnu ulogu u ekološkim istraživanjima (Gertsev i Gertseva, 2004).

Integrativna priroda modeliranja potrebna je kako bi se u potpunosti razumjela dinamika populacija komaraca, opisale promjene u abundanci tijekom vremena, te identificirali najvažniji parametri, odnosno potencijalne kontrolne točke biološkog sustava koji se simulira. U ovom radu konstruirat će se matrični modeli populacija komaraca *Culex pipiens* i *Aedes vexans* za područje grada Osijeka te njihove simulacije. Simulacije će se primijeniti za istraživanje zakonitosti dinamike populacije navedenih vrsta komaraca te za istraživanje parametara učinkovitosti različitih metoda kontrole. U ovom radu koristit će se suvremene metode paralelnog računanja uz korištenje CUDA programske i GPU hardverske platforme.

## 1.1. Ciljevi i hipoteze rada

Temeljne hipoteze ove doktorske disertacije su:

- a) Promjene okolišnih čimbenika uslijed globalnog zatopljenja znatno mijenjaju svojstva dinamike populacija *Culex pipiens* i *Aedes vexans*.
- b) Dinamike populacija istraživanih vrsta komaraca međusobno se bitno razlikuju i iziskuju različit pristup metodologiji njihove kontrole.
- c) Priroda i zakonitosti utjecaja okolišnih čimbenika na dinamiku populacija istraživanih vrsta komaraca određuju temporalno i metodološki optimum tretiranja s najvećom vjerojatnosti postizanja maksimalnog učinka.
- d) Određena neodredljivost bitan je čimbenik dinamike populacije komaraca te je određivanje njezinih parametara ključna za svako predviđanje tijeka promjene.

Ciljevi ove disertacije su:

- a) Opisati dinamiku populacija komaraca *Aedes vexans* i *Culex pipiens* pomoću matričnog populacijskog modela na temelju klimatskih podataka s područja grada Osijeka i šire okolice.
- b) Determinirati glavne osobine dinamike populacije dvije vrste komaraca (*Aedes vexans* i *Culex pipiens*) u jedanaestogodišnjem razdoblju.
- c) Istražiti dinamiku populacije *Culex pipiens* i sve njezine karakteristike pri konstantnom i promjenjivom kapaciteta okoliša.
- d) Odrediti prirodu ovisnosti dinamike vrste *Aedes vexans* i *Culex pipiens* o okolišnim čimbenicima relevantnim za dinamiku modeliranih vrsta.
- e) Istražiti periodična populacijska svojstva vrsta *Culex pipiens* i *Aedes vexans* u jedanaestogodišnjem razdoblju i pojedinačno na razini godina.
- f) Opisati eventualne zajedničke periodičnosti dinamike razvojnih stadija vrsta *Culex pipiens* i *Aedes vexans* s okolišnim čimbenicima (temperatura, vodostaj Dunava i vodostaj Drave).
- g) Iznaći metodu optimizacije tretiranja larvicima i adulticidima na podneblju u kojem se nalazi grad Osijek.
- h) Odrediti sve relevantne parametre dinamike populacija komaraca bitne za buduće izrade simulacija i simulacijskih modela.

## 2. Opći dio

Komarci (Culicidae) su kukci koji pored svog ekološkog značaja, u smislu zauzimanja važnih mjesta u hranidbenim lancima, imaju značajku neugodnosti i smetnje kako za ljudsku populaciju tako i za sve životinje koje im služe kao izvor krvnog obroka. Puno važnija uloga komaraca, nego što su to smetnja i neugoda, je uloga komaraca kao potencijalnih vektora vrlo opasnih zaraznih bolesti - malarije, žute groznice, denge groznice, arbovirusnih groznica, filarijoza, itd. Uspješno suzbijanje komarca, predviđanje ili sprječavanje pojave vektorskih bolesti zahtijeva dobro poznavanje dinamike njihove populacije. Dinamika bilo koje vrste može se proučavati na više načina, a najčešće direktnim promatranjem i mjerenjem određenih parametara populacije. Kako sve to iziskuje znatna novčana sredstva, a neke eksperimente nije moguće izvoditi na cijeloj populaciji u proučavanju se koriste matematički modeli.

Matematičko modeliranje bioloških fenomena jedno je od najvažnijih područja primijenjene matematike i teorijske biologije. Suvremeni dosezi u teorijskoj i eksperimentalnoj biologiji proizvode sve veće količine podataka, te čine matematičko modeliranje bioloških fenomena sve realističnijim i važnijim. Kako bi bolje razumjeli dinamiku populacije komaraca, utvrdili koji abiotički čimbenici na nju imaju najznačajniji učinak i kako bi mogli predvidjeti buduću veličinu populacije, te broj, vrijeme i intenzitet najezdi tijekom sezone, konstruiran je diskretan, deterministički, o gustoći ovisan, trodimenzionalni matrični populacijski model koji predstavlja hibrid Leslie-vog i Lefkovitch-evog modela. U model su uključeni svi važni abiotički faktori koji u najznačajnijoj mjeri utječu na dinamiku odabranih vrsta komaraca (temperatura okoliša, kiša, fotoperiod, dinamika plavljenja, odnosno vodostaj Dunava i Drave). Modeli su konstruirani za dvije najčešće vrste komaraca na našim područjima, *Culex pipiens* i *Aedes vexans*, a primjenjivi su na sve one vrste komaraca koji imaju zajedničku strategiju preživljavanja s navedenim vrstama. Upotrebom ovih modela moguće je predvidjeti dinamiku populacije komaraca *Culex pipiens* i *Aedes vexans* na temelju klimatoloških podataka (temperatura, broj kišnih dana u godini, fotoperiod, promjena vodostaja) u bilo kojoj godini. Modeli se mogu primijeniti u samom proučavanju dinamike populacija ovih vrsta komaraca, kao i u svrhu modeliranja njihove kontrole.

## 2.1. Uloga matematičkih modela u biologiji

Iako je matematika već dugo vremena isprepletena s biološkim znanostima, eksplozivna sinergija između matematike i biologije javila se tek u novije vrijeme. Najvažniji razlozi tome su: intenzivan razvoj računala koji omogućavaju izvođenje kompliciranih matematičkih izračuna i simulacija, što u prošlosti nije bilo moguće; povećan interes za modeliranje, ponajviše zbog etičkih problema, rizika i nepouzdanosti, te drugih komplikacija povezanih s istraživanjem ljudi i drugih živih bića te nedavan razvoj novih matematičkih metoda, kao npr. teorije kaosa koja pomaže u razumijevanju kompleksnih, nelinearnih mehanizama u biologiji.

Otkriće mikroskopa u drugoj polovici 17. stoljeća uzrokovalo je revoluciju u biologiji. Otkriće mikroorganizama zahvaljujući izumu mikroskopa, dovelo je do naglog razvitka biologije, te nastajanja novih bioloških grana. Matematika se u određenom smislu može smatrati "novim mikroskopom" koji može otkriti, inače nevidljive svjetove u raznim vrstama podataka. Današnji biolozi sve više uviđaju da je uz pomoć prikladne matematike moguće interpretirati razne vrste podataka. U tom smislu matematika je novi biološki mikroskop, samo bolji (Cohen, 2004).

Biološke znanosti već dugo vremena su inspiracija za razvoj novih matematičkih metoda, koje pomažu u objašnjavanju kompleksnih bioloških fenomena. Biologija će stimulirati nastanak

fundamentalno nove matematike, budući da je živi svijet kvalitativno puno heterogeniji nego neživa priroda. U tom smislu, biologija je nova fizika matematike, samo bolja (Cohen, 2004).

Primjena matematike u biologiji imala je znatan utjecaj na razvoj novih grana matematike, kao i na razvoj novih metoda koje su potrebne za obradu bioloških podataka (Tablica 2.1). To se na prvi pogled može činiti neobičnim, prvenstveno zbog različite prirode matematike i biologije. Matematika inzistira na strogosti i preciznosti, matematičke činjenice su bezuvjetne i nepromjenjive, a uspješne matematičke teorije imaju životni vijek od nekoliko tisuća godina. Nasuprot tome, naše poznavanje biologije i bioloških sustava rezultat je relativno kratkog vremenskog perioda, većina bioloških teorija se razvijaju brzo, no isto tako činjenice koje su smatrane nepobitnima, se razvojem tehnologije mijenjaju.

Interakcija matematike i biologije može se podijeliti u tri kategorije. Prva kategorija uključuje rutinsku primjenu već postojećih matematičkih tehnika i metoda u rješavanju bioloških problema. U drugu kategoriju spadaju oni slučajevi u kojima su postojeće matematičke metode neadekvatne, te je potrebno razviti nove, unutar konvencionalnih okvira. U posljednjoj kategoriji nalaze se fundamentalni biološki problemi koji zahtijevaju nov način analitičkog i kvantitativnog mišljenja. U tim slučajevima biti će potrebno razviti potpuno nove metode, kako bi objasnili fundamentalne i nadasve kompleksne biološke fenomene.

Matematička biologija novija je grana matematike koja se ubrzano razvija. Ova grana matematike teži matematičkoj reprezentaciji, obradi i modeliranju bioloških procesa, korištenjem raznih tehnika primijenjene matematike. Ima praktičnu i teoretsku primjenu u biološkim, biomedicinskim i biotehnološkim istraživanjima.

Tema	Referenca		
Starosna struktura stabilnih populacija	Euler, 1760		
Logistička jednadžba za ograničen rast populacije	Verhulst, 1838		
Proces grananja (izumiranje obiteljskih imena)	Galton, 1889		
Korelacije	Pearson, 1903		
Markovljevi lanci; statistika jezika	Markov, 1906		
Hardy-Weinberg-ova ravnoteža u populacijskoj genetici	Hardy, 1908; Weinberg 1908		
Analiza varijance, dizajn poljoprivrednih eksperimenata	Fisher, 1950		
Dinamika međudjelujućih populacija (predator-plijen) Lotka, 1925; Volterra, 1926,			
Valna genetika	Fisher, 1937; Kolmogorov i sur., 1937		
Teorija igara	von Neumann i Morgenstern, 1953		
Vistribucije za procjenu brzina mutacija bakterija Luria i Delbrück, 1943			
Morfogeneza Turing, 1952			
Difuzijska jednadžba za frekvenciju gena Kimura, 1994			
Cirkularni intervalni grafovi Benzer, 1959			
ranične funkcije nasumičnih grafova Erdös i Rényi, 1960			
Frekvencije halotipova	Ewens, 1972		
Koalescentna genealogija populacija	Kingman, 1982a, 1982b		

Tablica 2.1. Matematika nastala kao rezultat konkretnih bioloških problema.

## 2.2. Matematičko modeliranje

Tijekom nekoliko prošlih desetljeća matematičko modeliranje je postalo esencijalan dio ekoloških istraživanja (Edelstein-Keshet, 1988; Hoppensteadt, 1982; Jørgensen, 1994). Matematički model realnog objekta predstavlja ukupnost logičkih veza, formaliziranih ovisnosti i formula, koje

omogućavaju proučavanje realnih objekata bez njegove eksperimentalne analize. Objekti ekoloških istraživanja su populacije, zajednice i ekosustavi. Izvođenje eksperimenata na tim objektima nije moguće, jer potencijalno mogu dovesti do promjena ili čak uništenja ekološkog objekta. U tim slučajevima jasno je da matematičko modeliranje igra ključnu ulogu u ekološkim istraživanjima (Gertsev i Gertseva, 2004).

Iako povijest upotrebe matematike u opisivanju ekoloških procesa datira od 12. stoljeća (Real i Levin, 1991), postoji jaz između matematičkog pristupa i primjene tog pristupa u ekologiji. Jaz postoji uglavnom zbog toga što matematičari i ekolozi koriste različite simbole, termine i definicije. Kako bi premostili ovaj jaz i postigli konvergenciju između matematike i ekologiji, vrlo je važno jasno definirati matematičke izraze i definicije koje se primjenjuju u ekologiji. Matematički modeli čine naša predviđanja i procjene u ekologiji objektivnijima i pouzdanijima (Gertsev i Gertseva, 2004).

#### 2.3. Matrični populacijski modeli

2.3.1. Lesli-ev matrični model starosno strukturiranih populacija

U 19. stoljeću, matrice su smatrane primjerom nekorisne matematičke apstrakcije. Zatim, u 20. stoljeću otkriveno je da se numerički procesi potrebni za analizu kohort-komponentnom metodom za projekciju populacija mogu prikladno sumirati i izvršiti pomoću matrica (Keyfitz, 1968). Matrični modeli se uspješno koriste u opisivanju dinamike raznih bioloških i humanih populacija (Leslie, 1945; Keyfitz, 1977; Caswell, 2001; Lebreton 1996). U svom najjednostavnijem obliku, ti modeli opisuju linearnu dinamiku diskretnih populacija strukturiranih po starosti jedinki (Artzrouni i Gouteux, 2006).

Leslie-ev matrični model predstavlja diskretan oblik modela u kojem je populacija podijeljena u diskretne dobne skupine. Model u svom najjednostavnijem obliku razmatra samo ženke. U svom kompaktnom obliku model ima oblik (2.1):

$$\mathbf{N}_{t+1} = \mathbf{L}\mathbf{N}_t$$

Gdje je:

- N(t) populacijski vektor sa elementima  $n_1, n_2...n_t$ , koji predstavljaju broj jedinki u određenoj dobnoj skupini u vremenu t,
- N(t+1) populacijski vektor u slijedećem vremenskom intervalu

L *mxm* Leslie-eva (projekcijska) matrica.

Leslie-eva projekcijska matrica **L** definira na koji način se jedinke u populaciji kreću kroz dobne skupine. U prvom redu projekcijske matrice **L** nalaze se vrijednosti fekunditeta ( $F_i$ ) pojedinih dobnih skupina (i), odnosno prosječan broj potomaka po ženki u određenom vremenskom intervalu. Na poddijagonali se nalaze vjerojatnosti preživljavanja ( $P_i$ ), odnosno vjerojatnost da će jedinke dobne skupine i prijeći u skupinu i+1. Na ostalim mjestima u matrici nalaze se vrijednosti 0 (2.2):

$$L = \begin{vmatrix} F_0 & F_1 & F_2 & \dots & F_v \\ P_0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P_{v-1} & 0 \end{vmatrix} \quad N(t) = \begin{bmatrix} n_0 \\ n_1 \\ \vdots \\ \vdots \\ n_v \end{bmatrix}$$

(2.2.)

Množenjem projekcijske matrice s populacijskim vektorom koji predstavlja sadašnji broj jedinki u svakoj dobnoj skupini, dobivamo vrijednost veličine populacije u slijedećem vremenskom intervalu (Caswell, 2001). Iterativnim postupkom, dobivamo veličinu i strukturu populacije nakon izabranog vremenskog intervala. Vrijednosti potrebne za izračunavanje parametara projekcijske matrice izračunavamo iz tablica preživljavanja i tablica uzrasne plodnosti (*eng. life tables*). Kako te vrijednosti često nisu dostupne, parametre je potrebno procijeniti na drugačije načine.

#### 2.3.2. Lefhovitch-ev matrični model populacija strukturiran po stadijima

Modifikacija Leslie-evog matričnog modela koja populaciju opisuje stadijima, predložio je 1965. Lefkovitch. U tom modelu, jedinke su podijeljene u stadije, koji mogu biti različitog trajanja. U određenom projekcijskom intervalu jedinke mogu prijeći u slijedeći razvojni stadij, ili ostati u istom stadiju. Lefkovitch-eva projekcijska matrica stoga ima oblik (2.3):

$$(2.3) L = \begin{vmatrix} G_0 & F_1 & F_2 & \dots & F_v \\ P_0 & G_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & P_1 & G_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \dots & \dots & 0 \\ 0 & 0 & 0 & P_{v-1} & G_v \end{vmatrix}$$

Vrijednosti u prvom redu matrice ( $F_i$ ), označavaju fekunditet pojedinih stadija, odnosno prosječan broj potomaka po ženki u projekcijskom vremenskom intervalu. Vrijednosti na poddijagonali ( $P_i$ ), predstavljaju vjerojatnost da će jedinka koja se nalazi u stadiju *i*, u slijedećem projekcijskom intervalu prijeći u slijedeći stadij, *i*+1. Vrijednosti na glavnoj dijagonali matrice ( $G_i$ ), predstavljaju vjerojatnosti da će jedinka određenog stadija *i*, u promatranom projekcijskom intervalu ostati u istom stadiju. Prilikom konstruiranja ovog modela, bitno je naglasiti da je trajanje stadija neovisno o vremenskom projekcijskom intervalu, u kojem se mjere parametri matrice. Bez obzira na trajanje projekcijskog intervala i trajanje stadija, parametri matrice se izračunavaju kao broj događaja po projekcijskom intervalu (Caswell, 2001).

Kao slikoviti prikaz projekcijskih matrica koriste se grafovi životnog ciklusa (eng. life cycle graphs) (Slika 2.1 – shematski prikaz Leslie-ve projekcijske matrice i Slika 2.2 shematski prikaz Lefkovitch-eve projekcijske matrice). Stadiji ili starosna dob prikazuju se kružićima (čvorovima). Vjerojatnosti prelaska u slijedeći stadij ili dobnu skupinu označavaju se vodoravnim strelicama. Vjerojatnosti ostanka u stadiju tijekom projekcijskog intervala prikazuju se kružnim strelicama. Fekunditeti pojedinih stadija ili dobnih skupina označeni su polukružnim strelicama koje vode natrag do prvog stadija ili prve dobne skupine.



Slika 2.1. Slikoviti prikaz Leslie-eve projekcijske matrice (eng. life cycle graph). Ne postoji mogućnost ostanka u dobnoj skupini; razmnožavaju se jedinke dobne skupine 3,4 i 5 (F3, F4 i F5).



Slika 2.2. Slikoviti prikaz Lefkovitch-eve projekcijske matrice (eng. life cycle graph). Jedinke tijekom projekcijskog intervala mogu ostati u stadiju (Gi) ili prijeći u slijedeći stadij (Pi). Razmnožavaju se samo odrasle jedinke (F).

#### 2.3.3. Utjecaj gustoće populacije u matričnim modelima

Porastom veličine populacije intraspecijska kompeticija za resurse raste. Ta kompeticija usporava rast populacije, sve dok se populacija se smanji na onu veličinu pri kojem su resursi relativno lako dostupni svim jedinkama (Ross, 2009). Odnos između abundance i rasta populacije jedno je od središnjih pitanja u ekologiji. Leslie u svojim radovima (1945, 1948, 1959) pretpostavlja da je gustoća populacije jednaka zbroju svih jedinki u populaciji u vremenu t, bez obzira na njihovu starost. Veličina populacije u vremenu t jednaka je zbroju jedinki svih dobi u vremenu t (2.4):

$$(2.4). N(t) = \sum n_i(t)$$

U svoj matrični model Leslie je uključio ovisnost u gustoći pretpostavljajući da gustoća populacije u svakom vremenskom trenutku utječe na preživljavanje različitih starosnih grupa. Jačina tog utjecaja definirana je kao q(t) (2.5):

(2.5.) 
$$q(t) = 1 + aN(t)$$

Gdje a predstavlja parametar gustoće populacije koji je opisan jednadžbom (2.6):

$$(2.6.) a = \frac{\lambda - 1}{K}$$

Gdje je:

*a* parametar gustoće populacije

 $\lambda$  konačna stopa rasta populacije

*K* kapacitet okoliša

Parametar q vremenski je ovisan o veličini populacije u vremenu t, N(t). Utjecaj gustoće prema Leslie-u modeliramo se dijeljenjem cijele projekcijske matrice s parametrom q(t). q(t) parametar predstavlja elemente glavne dijagonale matrice **Q** (2.7):

(2.7.) 
$$\mathbf{Q}(t) = \begin{vmatrix} q_1(t) & 0 & \dots & 0 \\ 0 & q_2(t) & 0 \\ \dots & 0 & \dots & \dots \\ 0 & 0 & \dots & q_n(t) \end{vmatrix}$$

Broj jedinki pojedine starosti u vremenu (t) može se tada projicirati u slijedeći vremenski trenutak (t+1) (2.8):

(2.8.) 
$$\mathbf{N}(t+1) = \mathbf{L}\mathbf{Q}^{-1}(t)\mathbf{N}(t)$$

Gdje je:

$\mathbf{N}(t)$	ukupan broj jedinki u vremenskom intervalu (t)
<b>N</b> (t+1)	ukupan broj jedinki u vremenskom intervalu (t+1)
L	projekcijska matrica
$Q^{-1}(t)$	inverzna matrica $\mathbf{Q}$ u vremenu ( $t$ )

Ne moraju nužno svi parametri projekcijske matrice biti pod utjecajem gustoće populacije. Tada je potrebno naznačiti one parametre projekcijske matrice koji to jesu, te njihovu funkcionalnu formu i vrijednosti pojedinih parametara.

## 2.4. Biologija modeliranih organizama

### 2.4.1. Biologija komaraca (Culicidae)

Komarci (Culicidae) su jedna od najrasprostranjenijih vrsta na Zemlji i mogu preživljavati u većini klimatskih uvjeta. Za razvoj im je neophodna stajaća voda. Ovisno o vrsti, mogu se razvijati u različitim vodama, čistim i onečišćenim, prirodnim i umjetnim. Prirodna legla komaraca su nepresušene lokve i kanali, močvare, privremeno poplavljene površine, šumske depresije, voda u udubinama stabala i druge male stajaćice ili sporo tekuće vode. Umjetna legla komaraca postaju poplavljeni otklopljeni spremnici podrumi, za vodu, začepljeni slivnici i oluci, vaze na grobljima, različiti odbačeni predmeti u kojima se nakuplja kišnica kao što su odbačene boce, automobilske gume, nepropisno odbačen krupni otpad i još



Slika 2.3. Životni ciklus komarca.

mnoštvo sličnih predmeta različitih veličina, oblika i materijala koji nas okružuju. Komarci prolaze kroz potpunu metamorfozu, što znači da se njihov životni ciklus sastoji od četiri različita životna stadija: jaja, ličinke (koja se sastoji od četiri razvojna) podstadija, kukuljice, te imago (odrasla jedinka) (Slika 2.3).

Jajašca (Slika 2.4) – ovisno o vrsti ženka komaraca polaže jajašca pojedinačno ili u nakupinama (eng. rafts). Svako mjesto gdje ima vode može poslužiti kao mjesto za razmnožavanje (rupe u drveću, bare, lokve, jarci, umjetni kontejneri - gume od automobila, posude od cvijeća). Poplavne vrste komaraca polažu jaja u vlažno tlo. Takva jaja su obično otporna na isušivanje, a izliježu se nakon što područje bude poplavljeno. Ličinke (Slika 2.5) – Nakon izlijeganja jajašaca, ličinke komaraca prolaze kroz četiri stadija, u kojima se intenzivno hrane i rastu. Kukuljice (Slika 2.6) – Nakon četvrtog ličinačkog stadija, počinje razvoj odraslog komarca. Taj proces uključuje razgradnju ličinačkih organa i njihovu zamjenu s adultnim. Tijekom ovog procesa komarci se nalaze u stadiju kukuljice. Kukuljica se ne hrani, niti eliminira nusprodukte metabolizma, a zaštićena je čvrstom hitinskom ovojnicom. Nakon 3-4 dana, ovisno o vrsti, iz kukuljice se razvija odrasla jedinka. Kukuljice većine komaraca otporne su na isušivanje, a u odrasle se mogu preobraziti iako je stanište isušeno. Odrasle jedinke (Slika 2.7) - Prvo se izliježu mužjaci, koji ostaju u blizini mjesta izlijeganja i čekaju ženke. Ženke komaraca u prosjeku žive 3-6 tjedana, ali mogu živjeti i do 5 mjeseci. Životni vijek mužjaka je puno kraći. I mužjaci i ženke se hrane nektarom i biljnim sokovima, a samo ženke trebaju krvni obrok, koji pomaže u sazrijevanju jajašaca. Ženke komaraca nekoliko puta tijekom života polažu jajašca, odnosno prolaze kroz nekoliko gonotropnih ciklusa, a za svako polaganje jajašaca trebaju novi krvni obrok. Svaki gonotropni ciklus sastoji se od tri stadija: traženje krvnog obroka, uzimanje krvnog obroka, nakon čega slijedi probavljanje



Slika 2.4. Jajašca. (Izvor: web1)



Slika 2.5. Ličinka. (Izvor web2)



Slika 2.6. Kukuljica. (Izvor: web3)



Slika 2.7. Odrasla jedinka. (Izvor web4)

krvi, razvoj te polijeganje jaja. Ženke često prolaze kroz nekoliko gonotropnih ciklusa, a njihov broj ovisi o brojnim okolišnim uvjetima.

U tropskim područjima komarci su aktivni tijekom cijele godine, no u drugim područjima postaju neaktivni kada temperatura padne ispod 15°C, i obično ulaze u hibernaciju kada dođe sezona hladnijeg vremena. Nekoliko vrsta mogu hibernirati kao ličinke, ali većina vrsta prezimljuje u stadiju jaja (*Aedes*), koja je polegla prethodna generacija, ili kao odrasle, parene ženke koje zimu provode u zaštićenim lokacijama (rupe u drveću, životinjske nastambe, podrumi, tavani i druga zaštićena mjesta) (*Culex*).

Komarce prema načinu polijeganja jajašaca, izlijeganja jajašaca, te načinu prezimljavanja možemo podijeliti na dvije osnovne skupine (Knight i sur., 2003). Tip komaraca čije ženke poliježu jajašca direktno na površinu vode, ili na lišće vodenog bilja. Jaja ove skupine komaraca obično se izliježu nakon nekoliko dana i ne zahtijevaju vanjske podražaje za izlijeganje (Bohart i Washino, 1978). U ovaj tip komaraca spadaju rodovi Culex i Anopheles. Također, ovaj tip komaraca prezimljava kao odrasle, parene ženke koje zimu provode u zaštićenim lokacijama (rupe u drveću, životinjske nastambe, podrumi, tavani i druga zaštićena mjesta) (**Error! Reference source not found.**). Druga skupina komaraca (poplavne vrste komaraca - Aedes) jajašca poliježe u vlažno tlo ili uz rubove vodenih površina, a jajašca se ne izliježu dok ne budu poplavljena nadolazećim porastom vodostaja. Ovaj tip komaraca prezimljava u obliku jajašaca, koja su izuzetno otporna na smrzavanje i isušivanje, te mogu preživjeti u stanju dormancije dvije do tri godine, a manji broj jaja i do pet godina (Gjullin i sur., 1950) (Slika 2.9).



Slika 2.8. Prva skupina komaraca prema Knight i sur. 2003. – u ovu skupinu spada Culex pipiens.





#### 2.4.1.1. Biologija komaraca Culex pipiens

#### 2.4.1.1.1. Sistematika

Kingdom:	Animalia
Phylum:	Arthropoda
Class:	Insecta
Order:	Diptera
Family:	Culicidae
Genus:	Culex
Subgenus:	Neoculex
Species:	Culex pipiens, Linnaeus, 1758.



Slika 2.10. Odrasla jedinka komarca Culex pipiens. (Izvor: web5)

#### 2.4.1.1.2. Rasprostranjenost

*Culex pipiens* jedna je od najrasprostranjenijih vrsta komaraca na svijetu (Slika 2.10). Nalazimo ih na svim kontinentima osim na Antartici.

#### 2.4.1.1.3. Polijeganje jajašaca

Ženke *Culex pipiens* polažu jajašca u nakupinama (eng.*raft*) direktno na površinu stajaćih voda, obično zagađenih, punih organske tvari. Karakteristika ove vrste komarca je što jaja polaže i u raznim umjetnim vodenim površinama, kantama, bazenima, automobilskim gumama, posudama od cvijeća itd. Ženke u prosjeku polegnu 150 do 250 jajašaca. Omjer muških i ženskih jajašaca je 1:1 (Tamarina, 1966).

#### 2.4.1.1.4. Embriogeneza

Embriogeneza započinje odmah nakon polijeganja jaja, a jaja se izliježu nakon nekoliko dana kada je proces embriogeneze završen. Taj proces ovisan je gotovo isključivo o temperaturi. Pri temperaturi od 30°, jaja se izliježu nakon jednog dana, pri temperaturama između 20°C i 10°C period izlijeganja iznosi 3-10 dana, a pri temperaturi 4°C proces embriogeneze komarca *Culex pipiens* ne može biti završen.

#### 2.4.1.1.5. Ličinke

Ličinke komaraca nalazimo u raznim vodenim staništima. Hrane se filtriranjem čestica hrane iz vodenog stupca. Ličinke koje se hrane na ovaj način, obično se nalaze odmah ispod površine vode, te filtriraju vodu koja se nalazi ispod njih. Ličinke se presvlače četiri puta, prije nego dostignu stadij kukuljice. Brzina razvoja ličinki je ovisna o temperaturi, a ličinke *Culex pipiens* razvijaju se u širokom rasponu temperatura (10°C-30°C).

#### 2.4.1.1.6. Kukuljice

Kukuljica je također akvatični razvojni stadij. Ovaj stadij traje u prosjeku dva dana i također je ovisan o temperaturi, pri nižim temperaturama traje dulje, a pri višim kraće. Tijekom ovog stadija odvija se proces metamorfoze (preobrazbe). Kukuljice su, za razliku od kukuljica drugih vrsta kukaca, dosta pokretljive.

#### 2.4.1.1.7. Odrasle jednike

Nakon završene metamorfoze iz kukuljica izlijeću odrasli komarci. Mužjaci nisu spolno zreli nakon završene metamorfoze i obično se izliježu 1-2 dana prije ženki, kako bi dosegli spolnu zrelost do vremena kada se izlegnu ženke. Odmah nakon izlijeganja ženke komaraca se pare, samo jednom u životnom ciklusu, nakon čega traže krvni obrok kako bi mogle započeti gonotropni ciklus. Kad je ciklus gotov ženke poliježu jaja. Nakon polijeganja jaja ženke traže novi krvni obrok, kako bi započele novi gonotropni ciklus i tako dok ne uginu. Ženke obično prolaze kroz 5-7 gonotropnih ciklusa (Schaeffer i sur., 2008). Brzina probavljanja krvi, sazrijevanja jaja, i trajanje gonotropnog ciklusa ovisna je o temperaturi (Eldridge, 1965); Il'chenko, 1974; Madder i sur., 1983). Pri višim okolišnim temperaturama gonotropni ciklus kraće traje, dok je pri nižim okolišnim uvjetima duži (Tablica 2.2) (Il'chenko, 1974). Prosječno trajanje gonotropnog ciklusa vrste *Culex pipiens* iznosi 5,54  $\pm$  1,73 dana (Faraj i sur., 2006).

TEMPERATURA /°C	TRAJANJE GONOTROPNOG CIKLUSA (H)	TRAJANJE GONOTROPNOG CIKLUSA (DANI)
28-29	65-74	2,7-3
26-27	72-92	3-3,8
22-25	84-92	3,5-3,8
18-21	137	5,7

Tablica 2.2. Trajanje gonotropnog ciklusa kod komarca Culex pipiens u okolišnim uvjetima.

#### 2.4.1.1.8. Hibernacija

U hladnim temperaturnim područjima komarci vrste *Culex pipiens*, prezimljavaju u obliku nuliparnih oplođenih ženki u fakultativnoj dijapauzi. Mužjaci ne hiberniraju i ne preživljavaju zimu (Mitchell, 1983, Bowen i sur. 1988). U prirodnim uvjetima ženke tijekom hibernacije ne uzimaju krvni obrok i jajašca se ne razvijaju (Mitchell i Briegel, 1989). Dijapauzu potiče smanjenje temperature i smanjenje trajanja dnevnog svijetla. Fotoperiod duži od 15 sati potiče sazrijevanje jaja, dok fotoperiod kraći od 12 sati inducira dijapauzu u ženki. Visoke temperature mogu umanjiti učinak smanjenja fotoperioda (Spielman i Wong, 1973; Madder i sur., 1983).

### 2.4.1.2. Biologija komaraca Aedes vexans

#### 2.4.1.2.1. Sistematika

Kingdom:	Animalia
Phylum:	Arthropoda
Class:	Insecta
Order:	Diptera
Family:	Culicidae
Subfamily:	Culicinae
Genus:	Aedes
Species:	Aedes vexans, Meigen, 1830.



Slika 2.11. Odrasla jedinka komarca Aedes vexans. (Izvor: web6)

## 2.4.1.2.2. Rasprostranjenost

Aedes vexans spada u poplavne vrste komaraca, te je široko rasprostranjen (Slika 2.11).

## 2.4.1.2.3. Polijeganje jajašaca

Ženke *Aedes vexans* jajašca polažu pojedinačno, u udubinama vlažnog tla ili malo iznad površine vode, a jaja se izliježu nekoliko dana nakon što su poplavljena (Gjullin i sur, 1950; Pratt i Moore, 1993; Crans i McNelley, 1998; Porphyre i sur., 2005). Ženke polažu jaja u malim udubinama tla, s visokim sadržajem vlage, koja štiti jajašce od isušivanja tijekom embriogeneze. S obzirom na mjesto polijeganja jajašaca, komarci ove vrste razvili su niz karakterističnih ponašanja, kako bi se osigurao opstanak nezrelih stadija. Prikladno mjesto za polijeganje jajašaca mora zadovoljavati slijedeće uvijete:

- a) U vrijeme polijeganja jaja mora biti dovoljno vlažno, kako bi se spriječilo isušivanje tek položenih jajašaca, koja su vrlo osjetljiva na isušivanje, prije stvaranja endokoriona, i kutikule.
- b) Nakon polijeganja jaja, ona moraju biti poplavljena kako bi se proces razvoja uspješno nastavio.
- c) Poplavljeno područje treba imati što manje predatora, kako bi se ličinke mogle razviti do odraslih jedinki.

## 2.4.1.2.4. Embriogeneza

Embriogeneza započinje odmah nakon polijeganja jaja, a kod ove vrste traje znatno duže nego kod vrste *Culex pipiens*. Jaja se izliježu nakon 4-8 dana pri temperaturama od 20°C do 25°C. Relativno

spor proces embriogeneze može se objasniti činjenicom da do slijedećeg plavljenja treba proći i po nekoliko tjedana, pa brz razvoj nije poželjan. Jajašca se neće izleći ako su poplavljena prije završetka embriogeneze (Horsfall 1955, Sinègre, 1974), već prolaze razdoblje dormancije do slijedeće poplave, koja se može dogoditi nakon nekoliko tjedana, mjeseci ili čak nekoliko godina. Vrijeme potrebno za izlijeganje jajašaca nakon što su poplavljena ovisi o temperaturi vode i o stupnju dormancije (Gjullin i sur., 1950). Smatra se da je smanjenje otopljenog kisika glavni uzrok izlijeganja jajašaca u okolišnim uvjetima (Gjullin i sur., 1950, Sinègre 1974). Nagle promjene temperature također su jak podražaj izlijeganja (Gerberg i sur. 1994). U zimskim mjesecima ne dolazi do izlijeganja jajašaca bez obzira na poplavljenost, pa se pretpostavlja da je dormancija u najvećoj mjeri uzrokovana niskim temperaturama (Gjullin i sur., 1950). Smanjeno trajanje dnevne svijetlosti nema utjecaja na jajašca ove vrste komaraca. Jajašca vrste *Aedes vexans* potpuno su dormantna pri temperaturama nižim od 8°C. Većina jajašaca može preživjeti u stanju dormancije dvije do tri godine, a manji broj i do pet godina (Gjullin i sur., 1950).

#### 2.4.1.2.5. Ličinke

Ličinke nalazimo u vodenim staništima. Hrane se struganjem i resuspenzijom čestica, mikroorganizama, algi i protozoa sa površine podvodnih supstrata, ili mikrobiološkim filmom na granici površina zrak/voda. Vrijeme potrebno za razvoj ličinki varira ovisno o temperaturi. U laboratorijskim uvjetima pri konstantnoj temperaturi od 26,7°C ličinke su dosegle četvrti ličinački stadij za 3 dana. U okolišnim uvjetima razvoj traje od 10 dana do tri tjedna ovisno o temperaturi (Gjullin i sur., 1950).

#### 2.4.1.2.6. Kukuljice

Kukuljica je također akvatična. Ovaj stadij traje u prosjeku dva dana i također je ovisan o temperaturi, pri nižim temperaturama traje dulje, a pri višim kraće. Tijekom ovog stadija odvija se proces metamorfoze. Kukuljica se ne hrani niti eliminira nusprodukte metabolizma, a zaštićena je čvrstom hitinskom ovojnicom.

#### 2.4.1.2.7. Odrasle jednike

Odrasle ženke polažu u prosjeku 43 jaja, a maksimalni broj jaja koje može položiti jedna ženka iznosi 143. Ženke polažu jaja 5-10 dana od krvnog obroka (Gjullin i sur., 1950).

#### 2.4.1.2.8. Hibernacija

Aedes vexans prezimljava u stadiju jajašca. Ukoliko su uvjeti nepovoljni, jaja se ne izliježu odmah već ulaze u dijapauzu. Na proces hibernacije u najvećoj mjeri utječu varijacije u temperaturi, te varijacije u količini vlage, kao i promjene u trajanju dnevne svjetlosti.

#### 2.5. Primjena vremensko – frekvencijske analize u ekološkim istraživanjima

U ekološkim istraživanjima, monitoring populacija obično generira serije opažanja abundanci pojedinih organizama ili vrsta u pravilnim vremenskim intervalima tijekom duljeg vremenskog perioda, što predstavlja klasičan primjer vremenskih serija. Vremenska serija je niz brojeva koji predstavljaju progresiju određenog parametra u vremenu, odnosno vremenska serija je funkcija x(t) vremena t. Karakteristika vremenskih serija je da su one slučajne ili nedeterminističke funkcije vremena, što znači da je precizno predviđanje njihovog ponašanja u budućnosti gotovo nemoguće. Moguća su samo predviđanja statističkih ili prosječnih svojstava vremenskih serija.

Za istraživanje, analizu te detekciju pravilnosti ili uzoraka iz prikupljenih podataka najčešće se primjenjuju statističke metode koje spadaju u domenu analize vremenskih serija. No vremenske serije mogu se promatrati i kao spektar, stoga je moguće na setove podataka primijeniti i različite metode

spektralne analize. Spektralna analiza u analizi ekoloških podataka datira još iz pedesetih godina kada je Bartlet (1954) analizirao podatke o populaciji risova na području rijeke MacKenzie koristeći periodograme. Spektralna analiza od tada počinje se u većoj mjeri primjenjivati na ekološku problematiku i problematiku vezanu uz dinamu populacija.

Objašnjavanje karakteristika ekoloških vremenskih serija i međusobnih ovisnosti između populacijskih vremenskih serija i vremenskih serija okolišnih podataka predstavlja važan izazov u ekologiji. Poznato je da su ekološki i populacijski procesi pod utjecajem okolišnih čimbenika (Stenseth i sur., 2002). Brojni ekološki sustavi i populacije pokretani i su klimatskim promjenama koje se događaju na relativno velikim vremenskim skalama (Klvana i sur., 2004). Podaci (signali) u svom neobrađenom obliku najčešće su funkcije u vremenskoj domeni. Pri njihovom grafičkom prikazivanju vrijeme predstavlja nezavisnu varijablu dok amplituda odgovara zavisnoj varijabli (npr. brojnosti jedinki). Takav način prikaza u mnogo slučajeva daje nedovoljnu količinu informacija samom setu prikupljenih podataka, stoga se primjenjuju različite metode transformacija koje omogućavaju iznalaženje dodatnih karakteristika i obilježja u podatcima (signalu). Danas je razvijeno mnogo različitih metoda transformacija no ukratko će biti opisane samo one najvažnije koje su važne za daljnje razumijevanje problematike.

#### 2.5.1. Fourierova transformacija (FT)

Jedna od osnovnih transformacija je Fourierova transformacija (Fourier transform, FT). Ona razlaže signal u kompleksne eksponencijalne funkcije različitih frekvencija te kao rezultat pruža uvid u frekvencijski sadržaj signala, odnosno količinu pojedinih frekvencija u proučavanom signalu s grafičkim prikazom amplitude na jednoj i frekvencije na drugoj osi. FT opisuju slijedeće jednadžbe (2.9) i (2.10):

(2.9.) 
$$X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot e^{-2j\pi ft} dt$$

(2.10.) 
$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(f) \cdot e^{2j\pi ft} df$$

gdje t označava vrijeme, f frekvenciju, a x obrađivani signal (x - signal u domeni vremena, X - signal u domeni frekvencije). Prva jednadžba opisuje FT x(t), a druga jednadžba se naziva inverznom FT X(t), što daje kao rezultat x(t). Nedostatak FT je što ona prikazuje koje frekvencijske komponente signala su prisutne, no ne i kada u vremenu se one javljaju. Zbog toga je ona neprikladna za obradu većine bioloških signala, budući da su oni u pravilu nestacionarni.

Kao rješenje za problem analize nestacionarnih signala te vremensku lokalizaciju spektralnih komponenti razvijene su metode transformacije koje kao rezultat daju vremensko-frekvencijski prikaz signala. One se temelje na upotrebi visokopropusnih (*eng. high-pass*) i niskopropusnih (*eng. low-pass*) filtera koje odvajaju visokofrekvencijske ili niskofrekvencijske dijelove signala sve dok ne dosegnu unaprijed definiranu razinu razlaganja. Dekompozicija signala vrši se razlaganjem signala po frekvenciji. Ukoliko imamo signal čiji je frekvencijski raspon između 0 i F [Hz], u prvom koraku razložit ćemo ga propuštajući ga kroz već spomenute filtere u 2 dijela: 0-F/2 [Hz] i F/2-F [Hz]. U slijedećem koraku razlažemo dobivene dijelove, najčešće uzimajući donju polovicu razloženog (lowpass portion), prema istom principu te kao rezultat dobijemo signal razložen u 3 dijela: 0-F/4 [Hz], F/4-F/2 [Hz] i F/2-F [Hz]. Isti postupak ponavljamo dok ne dosegnemo unaprijed određenu razinu razlaganja signala. Spojimo li dobivene frekvencijske raspone, signal možemo prikazati 3D grafičkim prikazom s vremenom na jednoj, frekvencijom na drugoj i amplitudom na trećoj osi. Ovim prikazom saznajemo koji se frekvencijski

rasponi (*eng. frequency bands*) javljaju u pojedinim vremenskim rasponima, no ne i točno koja frekvencija u kojem vremenskom trenutku, što proizlazi iz načela neodređenosti, budući da je nemoguće je istovremeno odrediti spektralnu komponentu i trenutak u kojem se ona javlja.

#### 2.5.2. Vremenski kratka Fourierova transformacija (eng. Short Term Fourier Transform, STFT)

Vremenski kratka Fourierova transformacija (Short Term Fourier Transform, STFT) je jedna od transformacija koje daju vremensko-frekvencijski prikaz signala. STFT dijeli nestacionarni signal u više manjih dijelova koje promatra kao niz stacionarnih signala te na svakom od njih vrši FT. "Dijeljenje" i obrada signala vrši se nakon definiranja funkcije prozora (*eng. window function*), gdje širina prozora odgovara odsječku signala za koji vrijedi uvjet stacionaranosti. STFT je opisan jednadžbom (2.11):

(2.11.) 
$$STFT\{x(t)\} = X(\tau, f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \cdot \omega(t-\tau) \cdot e^{-2\pi f t} dt$$

gdje x(t) označava signal,  $\omega(t-\tau)$  funkciju prozora, Zaključujemo kako je STFT signala zapravo FT signala koji se množi s funkcijom prozora. Uspoređujući FT i STFT možemo reći da FT omogućava postizanje savršene frekvencijske rezolucije što je rezultat beskonačne veličine prozora, dok STFT, zbog ograničene veličine prozora koja prekriva samo dio signala, rezultira slabijom frekvencijskom rezolucijom, odnosno prikazuje koji frekvencijski rasponi se pojavljuju u određenim vremenskim intervalima. Mijenjajući parametre STFT (širinu prozora) postižemo slijedeće: prozor velike širine rezultirat će dobrom frekvencijskom, a nedovoljnom vremenskom rezolucijom, dok ćemo smanjenjem širine prozora postići porast vremenske rezolucije, dok će se frekvencijska rezolucija smanjiti. Zaključujemo kako je nedostatak STFT metode upravo fiksna veličina prozora zbog koje gubimo na razlučivosti transformacije.

Spomenuti problemi u vremenskoj i frekvencijskoj rezoluciji posljedica su fizičkog fenomena, načela neodređenosti, te su prisutni bez obzira koju metodu transformacije upotrijebili. Alternativni pristup analizi signala je multirezolucijska analiza (*eng. multiresolution analysis, MRA*) u kojoj se analiza signala izvodi s različitom rezolucijom različitih frekvencija. MRA se razlikuje od STFT u tome što ne tretira sve spektralne komponente jednako i zbog toga rezultira dobrom vremenskom i lošom frekvencijskom rezolucijom za visoke frekvencije te dobrom frekvencijskom i lošom vremenskom rezolucijom za niske frekvencije. Ovi rezultati su prihvatljivi jer većina signala koji se obrađuju upravo sadrže vremenski kratke visokofrekvencijske komponente i niskofrekvencijske komponente dužeg trajanja.

#### 2.5.3. Wavelet transformacija

Kontinuirana wavelet transformacija (*eng. Continuous Wavelet Transform, CWT*) se razvila kao alternativa STFT kako bi se izbjegli problemi u rezoluciji. CWT izvodi transformaciju signala na sličan način kao i STFT, množeći signal s wavelet funkcijom umjesto s funkcijom prozora, računajući transformaciju odvojeno za svaki segment signala u domeni vremena. Dvije glavne razlike između CWT i STFT su: prvo, CWT ne računa negativne frekvencije (nije simetrična kao STFT) jer pik predstavlja cijela sinusoida segmenta signala i drugo, još važnije, širina "prozora" (wavelet) nije konstantna, već se mijenja pri računanju transformacije pojedine spektralne komponente. CWT se definira jednadžbom (2.12):

(2.12.) 
$$CWT_x^{\psi}(\tau,s) = \Psi_x^{\psi}(\tau,s) = \frac{1}{\sqrt{|s|}} \int x(t)\psi^*\left(\frac{t-\tau}{s}\right) dt$$

Transformirani signal je funkcija dviju varijabli, parametara  $\tau$  (translacija) i *s* (skala). Skala predstavlja parametar obrnuto proporcionalan frekvenciji.  $\Psi(t)$  je transformacijska funkcija koja se još naziva "majčinskim valićem" ili prototipnim waveletom (*eng. mother wavelet*) iz razloga što ona služi kao prototip izvedbe svakog slijedećeg waveleta. Wavelet transformacija  $CWT(\tau, s)$  može se interpretirati kao mjera doprinosa waveleta analiziranom signalu x(t), gdje se prototipni wavelet  $\psi(t)$  linearno pomiče za iznos  $\tau$ , te skalira (steže ili rasteže) za multiplikativni faktor a. Razlučivost razlaganja nije jednolika po vremensko-frekvencijskoj ravnini.

Pojam wavelet ukazuje na svojstva funkcije: time što je riječ o umanjenici, zaključujemo da je funkcija prozora konačne veličine, a val upućuje na oscilatornu prirodu funkcije. Pojam translacija se odnosi na položaj prozora pri pomacima, slično kao u STFT. Kada se govori o CWT, umjesto frekvencije koja se odnosi na STFT, često se koristi se pojam skala, recipročna vrijednost frekvencije (1/frekvencija). Stoga se velike skale (niske frekvencije) odnose se na globalne informacije o signalu, dok niske skale (visoke frekvencije) odgovaraju detaljnijim informacijama skrivenih uzoraka unutar signala. U wavelet analizi kao prototipni valić mogu se koristiti različite funkcije, a najčešće korištene su: Mexican hat, Morlet, Meyer i Harr.

#### 2.6. Paralelna obrada podataka i grafičke procesne jedinice (GPU)

Paralelizam, sposobnost računala da izvršava više instrukcija istovremeno, sve češće ima ključno značenje u istraživanjima koja se provode u sklopu različitih znanstvenih disciplina. Vremenski zahtjevni procesi poput rješavanja kompleksnih problema i obrade velikog skupa podataka mogu se ubrzati primjenom paralelne obrade/računanja (eng. *parallel computing*).

Uobičajeno se programska podrška (softver) piše za serijsku/sekvencijsku obradu (eng. *serial computing*) u sklopu kojeg kreirani algoritam proizvodi serijski niz instrukcija koje se pojedinačno šalju na centralni procesor računala. U bilo kojem trenutku se izvršava isključivo jedna instrukcija, a nakon njenog izvršenja slijedeća (Slika 2.12).



Slika 2.12. Shematski prikaz klasične serijske obrade podataka. (Web7)

Paralelna obrada podataka (eng. *parallel computing*), ukratko, označava istovremeno korištenje većeg broja računalnih resursa u svrhu rješavanja nekog računalnog problema. U ovom slučaju se problem rastavlja na međusobno neovisne diskretne elemente koji mogu izvršiti jedan dio vlastitog algoritma istovremeno s drugima, na različitim procesorima računala (Slika 2.13).



Slika 2.13. Shematski prikaz principa paralelne obrade podataka. (web8)

Računalni problem koji se podliježe paralelnoj obradi mora zadovoljiti nekoliko uvjeta:

- 1. mogućnost razdvajanja u diskretne dijelove koji se mogu riješiti istovremeno,
- 2. istovremeno izvršenje većeg broja instrukcija u bilo kojem trenutku vremena,
- 3. korištenje većeg broja računalnih resursa rezultira manjim utroškom vremena u odnosu na upotrebu jednog računalnog resursa.

Najčešće korišteni računalni resursi uključuju računala s više procesora/jezgara (eng. *cores*), mrežu računala (eng. *cluster*), specijalizirani hardver ili njihovu kombinaciju. Ograničenja koja se javljaju prilikom paralelizacije opisana su Amdahlovim i Gustafsonovim zakonom. Oni opisuju ovisnost postignutog ubrzanja o udjelu paraleliziranih i serijskih dijelova procesa. Amdahlov zakon kaže kako mali dijelovi programa koji se ne mogu paralelizirati ograničavaju ukupno ubrzanje dobiveno paralelizacijom, prema odnos u ((2.13):

(2.13.) 
$$S = \frac{1}{(1-P)}$$

gdje je *S* ubrzanje programa, a *P* dio koji se paralelizira (%). Stoga, ako sekvencijalni dio programa iznosi 15%, maksimalno moguće ubrzanje iznosit će 15x, bez obzira na broj dodanih procesora. Drugi zakon računalnog inženjeringa, Gustafsonov zakon, postavlja ovisnost ubrzanja o broju procesora ((2.14)):

(2.14.) 
$$S(P) = P - \alpha(P-1)$$

gdje je P broj procesora/jezgara, S ubrzanje, a  $\alpha$  neparalelizirani dio procesa.

Kompleksne obrade vrše se na grafičkoj procesorskoj jedinici (GPU, *graphics processing unit*). GPU sadrži velik broj jezgara (do više tisuća) na kojima je moguće istovremeno izvršenje velikog broja vremenski zahtjevnih zadataka. Najvažnije specifikacije koje utječu na postizanje željenog ubrzanja programa su performanse, brzina jezgre (eng. *core speed*), broj jezgara, veličina memorije, brzina memorije i "propusnost" (eng. *bandwidth*).

Performanse se izražavaju u FLOPS (eng. floating-point operations per second), a opisuju uspješnost i preciznost računskih operacija koje se vrše na GPU. Brzina jezgre (frekvencija) izražena je u MHz ili GHz i opisuje brzinu kojom GPU obrađuje podatke. Broj jezgara opisuje ukupni broj jezgara na GPU koje su dostupne za rad, a njihova vrijednost proporcionalna je brzini obrade. Memorija GPU, zbog slične funkcije,

može se usporediti s RAM-memorijom računala – ona služi za privremenu pohranu podataka na GPU. Brzina memorije izražava se u MHz i označava brzinu kojom GPU može pristupiti podacima pohranjenim u memoriji. "Propusnost" memorije također opisuje brzinu memorije GPU, u bajtovi/s.

GPU se može opisati i kao specijalizirana središnja jedinica za obradu (CPU, eng. *central processing unit*) koja je osmišljena i izgrađena za specifične svrhe paralelne obrade, dok CPU karakterizira manji broj jezgara optimiziranih za sekvencijsku serijsku obradu. Primarna namjena GPU je grafički prikaz obične i napredne računalne grafike, no uz to se ova komponenta sve češće koristi u svrhe ubrzavanja obrade i rješavanja složenih problema, takozvanom obradom ubrzanom grafičkom procesorskom jedinicom (GPU *accelerated computing*), uspješnim međudjelovanjem GPU i CPU (Slika 2.14).



Slika 2.14. Shematski prikaz rada GPU (grafičkih procesorskih jedinica) (web9).

Inovacija koju je uvela tvrtka NVIDIA je CUDA platforma za paralelnu obradu i programski model. CUDA okruženje omogućuje maksimalno iskorištenje računalnih resursa, nudi matematičke alate potrebne za rješavanje problema i optimizaciju programa. Sve navedeno je dostupno programiranjem u jezicima C, C++, Fortran ili Python.

CUDA je heterogeno računalno okruženje koje olakšava koordinirano izvršavanje naredbi na CPU i GPU. Dijelovi CUDA arhitekture su "domaćin" (eng. host) i "uređaji" (eng. devices), pri čemu se pod "domaćinom" podrazumijeva CPU, a "uređaj" označava jedinice za obradu građene od većeg broja aritmetičkih jedinica, uglavnom GPU. CUDA pruža dodatne mogućnosti tradicionalnim programskim jezicima time što omogućuje stvaranje takozvanih kernela, funkcije odgovorne za paralelno izvođenje. Nakon pokretanja kernela, on se izvršava pomoću velikog broja CUDA jedinica (eng. threads) koji u većem broju čine blok jedinica (eng. block of threads), a blokovi se udružuju u "mreže" (eng. grids). Jedinice poprimaju 3D raspored unutar blokova, dok blokovi također imaju 3D raspored unutar "rešetki" (Slika 2.15). Broj jedinica, blokova i "rešetki" određene su kernelom koji se ponaša prema pripremljenom programskom kodu, pri čemu je način izvođenja potrebno uskladiti s dostupnim računalnim resursima. Važan moment u obradi podataka je njihov obostrani transfer između "domaćina" i "uređaja", pri čemu podjela jedinica-blokovi-"rešetke"-kernel igra ključnu ulogu. Definiranje ove podjele u potpunosti je prepušteno korisniku, dok CUDA okruženje pruža mogućnost poluautomatskog upravljanja memorijom radi postizanja najboljih mogućih performansi. Programski paket scikit-cuda sučelje je između programskog jezika Python i NVIDIA CUDA skupa alata (NVIDIA's CUDA Programming Toolkit) te time čini funkcije koje pruža CUDA dostupnim programskom jeziku Python.



Slika 2.15. Dijelovi CUDA arhitekture. (web10)

### 2.7. Dubinska analiza podataka (eng. Data Mining)

Dubinska analiza podataka je proces analize velikog skupa podataka s ciljem pronalaženja globalnih pravilnosti i odnosa koje postoje među podatcima, a koje klasičnim metodama obrade ne bi bile uočljive. Riječ je o interdisciplinarnom području, spoju statistike, strojnog učenja (eng. *Machine learning*), pronalaženja informacija (eng. *information retrieval*), pronalaženja uzoraka (eng. *pattern recognition*) i bioinformatike. Najveću primjenu nalazi na području maloprodaje, financija, telekomunkacije i društvenih medija, a njezina prisutnost postaje sve češća i u prirodnim znanostima.

Potreba za razvojem tehnike poput dubinske analize podataka pojavila se širenjem i razvojem informacijskih sustava što je posljedično dovelo do mogućnosti pohrane velikih skupova podataka nastalih kao rezultat prikupljanja podataka iz područja poduzetništva (ponašanje kupaca itd.) i znanstvenih istraživanja. Ključna prednost primjene ove analize podataka krije se u činjenici kako ona višestruko ubrzava proces obrade i dobivanja korisnih informacija iz velikog skupa podataka što bi primjenom klasičnih metoda bilo dugotrajno, čak i nemoguće. Dubinska analiza podataka svojim otkrivanjem "nevidljivih" povezanosti (asocijacija) stoga čini velike skupove podataka itekako iskoristivima, a rezultate analiza ključnima u donošenju zaključaka.

Često se dubinska analiza podataka spominje i kao jedan od koraka u procesu detektiranja skrivenih uzoraka u velikom skupu podataka. Prvi korak u analizi jest pred-obrada podataka koja uključuje odabir željenih značajki, smanjenje dimenzionalnosti te normalizaciju/standardizaciju podataka. Nakon dubinske analize podataka slijedi naknadna obrada koja obuhvaća izdvajanje uzoraka (asocijacija), vizualizaciju i tumačenje rezultata.

Pojam dubinske analize podataka obuhvaća brojne metode među kojima su najznačajnije: stabla odlučivanja (eng. *Decision trees*), neuronske mreže (eng. *Neural Networks*), regresiju, Bayesove mreže, klasteriranje i asocijativna pravila (eng. *Association Rules*) (Slika 2.16.). One se dijele u tri osnovne skupine:

- 1) klasifikacijske metode poput neuronskih mreža ili stabla odlučivanja,
- 2) segmentacijske metode poput klasteriranja i
- 3) metode asocijacije.

Druga podjela metoda dubinske analize podataka je na: 1) nadgledane metode u kojima se model izgrađuje na temelju podataka razvrstanih u unaprijed definirane razrede, a zatim se na temelju izgrađenog modela predviđa razred kojemu će pripadati nepoznati podatci i 2) nenadgledane metode koje iz seta podataka samostalno formiraju razrede te nepoznate podatke svrstavaju u neke od njih. Nenadgledane metode se od nadgledanih razlikuju u tome što kod njih ne postoji razlika između atributa tj. nije definiran ciljni atribut kao kod nadgledanih metoda. Skupini nadgledanih metoda pripadaju klasifikacijske metode, dok u skupinu nenadgledanih metoda ubrajamo metode klasteriranja i asocijativna pravila.

Asocijativna pravila su metoda dubinske analize podataka koja analiziraju međuovisnosti (učestalost veza) među svim atributima skupa za učenje ukazujući na to koliko često se oni pojavljuju zajedno, pri čemu se bilo koji atribut (ili skup atributa) može koristiti za predviđanje vrijednosti bilo kojeg drugog atributa (ili skupa atributa).



Slika 2.16. Shematski prikaz metoda dubinskog istraživanja podataka.

## 3. Materijali i metode

### 3.1. Konstruiranje projekcijske matrice

Prilikom konstruiranja projekcijskih matrica korišteni su literaturni podaci za vrstu *Culex pipiens*, kako bi se odredile dimenzije i parametri matrice. Vrsta *Aedes vexans* je nešto slabije istraživana te određeni podaci ne postoje. U ovim slučajevima korištena je projekcijska matrica jednakih dimenzija kao i kod vrste *Culex pipiens* no pojedine funkcije su izmijenjene u skladu s dostupnim parametrima za ovu vrstu i pojedini utjecaji su modelirani na drugačiji način.

#### 3.1.1. Određivanje dimenzija projekcijske matrice

Trajanje pojedinih razvojnih stadija *Culex pipiens* primarno je pod utjecajem temperature (Tablica 3.1). Prilikom konstruiranja, odnosno određivanja dimenzija projekcijske matrice uzimane su vrijednosti maksimalnog trajanja pojedinih razvojnih stadija pri određenim temperaturama okoliša.

Trajanje razvojnih stadija (dani)				
Temperatura/°C JAJAŠCA LIČINKE KUKULJICA OD JAJAŠACA DO ADULTNO				OD JAJAŠACA DO ADULTNOG STADIJA
14	5	26	5	35-36
16	4	25	5	33-35
19	3	21	4	25-28
24	2	12	3	13-17
27	2	12	3	13-17

Tablica 3.1. Trajanje razvojnih stadija u ovisnosti o temperaturi (Culex pipiens). (Kamura, 1959)

#### 3.1.1.1. Određivanje dimenzija podmatrice za razvojni stadij jajašca

Prema literaturnim podacima jajašca se nakon polijeganja razvijaju u periodu od 2-5 dana u laboratorijskim uvjetima pri konstantnim temperaturama. Kako u okolišu temperatura i u periodu jednog dana može znatno varirati, period razvoja jajašaca u okolišnim uvjetima može biti znatno dulji nego u laboratorijskim uvjetima. Za određivanje parametara projekcijske matrice korištene su vrijednosti srednjih dnevnih temperatura, pa je stoga u obzir je uzeto koliko prikladno ta vrijednost opisuje temperaturne varijacije u različitim tipovima staništa i samim time određuje maksimalno trajanje stadija jajašca. Ukoliko je stanište relativno jednolično (livade, travnjaci) temperatura je homogena na svim dijelovima staništa. U tim uvjetima srednja dnevna temperatura daje prikladan opis temperature cijelog staništa, no koliko stanište nije jednolično (močvare, šume, zasjenjena staništa), srednja dnevna temperatura ne daje adekvatan opis temperature cijelog staništa. Na pojedinim dijelovima, temperatura može biti za nekoliko stupnjeva niža ili viša u odnosu na srednju dnevnu temperaturu. Kako bi postigli dovoljnu odgodu izlijeganja jajašaca u realnim okolišnim uvjetima kao maksimalno trajanje ovog stadija uzeto je 20 dana, pa projekcijska podmatrica stadija jajašaca ima dimenzije 20x20.

#### 3.1.1.2. Određivanje dimenzija podmatrice za razvojni stadij ličinki

Ličinke tijekom svog razvoja prolaze kroz četiri razvojna pod-stadija. Trajanje razvojnih stadija pod primarnim je utjecajem temperature. Za opis stadija ličinki koji bi uključivao i pojedine razvojne podstadije nije bilo dovoljno raspoloživih literaturnih podataka, stoga u projekcijskoj podmatrici nije moguće razlikovati pojedine razvojne podstadije ličinki. Kao maksimalno trajanje razvojnog stadija ličinke uzeto je 26 dana, pa pod matrica ličinačkih stadija ima dimenzije 26x26.

#### 3.1.1.3. Određivanje dimenzija podmatrice za razvojni stadij kukuljice

Prema dostupnim literaturnim podatcima za stadij kukuljice uzeta je maksimalna vrijednost trajanja 5 dana, pa podmatrica stadija kukuljice ima dimenzije 5x5.

#### 3.1.1.4. Određivanje dimenzija podmatrice za stadij nuliparnih jedniki

Ženke koje se izlegnu iz kukuljice još ne polažu jaja. Te ženke se prvo pare, a zatim uzimaju krvni obrok, nakon čega mogu položiti jaja. Period od izlijeganja do parenja i uzimanja krvnog obroka traje u prosjeku 72 sata, a kao maksimalno trajanje ovog stadija uzeto je 8 dana. Podmatrica ovog stadija ima dimenzije 8x8.

### 3.1.1.5. Određivanje dimenzija podmatrice za stadij adultnih jedinki

Ženke se pare samo jednom tijekom životnog ciklusa, a nakon toga uzimaju krvni obrok kako bi mogle položiti jaja. Prosječno trajanje gonotropnog ciklusa vrste *Culex pipiens* iznosi  $5,54 \pm 1,73$  dana (Faraj i sur., 2008), pa je kao maksimalno trajanje ovog ciklusa uzeto trajanje 8 dana. Podmatrica ovih stadija ima dimenzije 8x8. Ženke u prosjeku imaju 5 gonotropnih ciklusa pa je ovakvih podmatrica 5, tj. u glavnoj projekcijskoj matrici postoji pet 8x8 podmatrica koje opisuju 5 gonotropnih ciklusa.

## 3.1.2. Procjena parametara projekcijske matrice

Pri procjeni pojedinih parametara, odnosno elemenata projekcijske matrice, korišteni su literaturni podaci. Parametri, odnosno elementi projekcijske matrice, koje je bilo potrebno procijeniti za ovaj model su vjerojatnosti (Pi) prelaska iz stadija i u stadij i+1, fekunditet onih stadija koji se razmnožavaju (Fi), te odrediti sve okolišne parametre koji na njih utječu. Korak u projekcijskoj matrici je jedan dan, odnosno svaki element opisuje dnevne vjerojatnosti prijelaza, matrica opisuje cijeli životni ciklus komarca (*Culex pipiens*), koji u prosjeku traje 99 dana. Shematski prikaz kretanja jedinki kroz stadije nalazi se na Slika 3.1. Iz slike je vidljivo da jedinke u određene starosti u određenom stadiju mogu proći kroz cijeli ciklus (maksimalno trajanje stadija), ili prijeći u naredni ciklus samo nekoliko dana nakon što su započele određeni ciklus, odnosno stadij. Da li će jedinka proći kroz pojedini stadij u svom maksimalnom trajanju ili ranije, ovisi o temperaturi okoliša.

U svrhu što preciznijeg opisivanja kretanja jedinki komaraca kroz stadije, eksperimentalni podaci o trajanju pojedinih stadija u ovisnosti o temperaturi prilagođavani su različitim funkcijama, pomoću kojih je potom izračunavano trajanje pojedinih razvojnih stadija s obzirom na srednju dnevnu temperaturu. Za prilagođavanje krivulja korišten je R programski jezik, paket drc (eng. *dose-response curves*). Postojeći eksperimentalni podaci prilagođavani su slijedećim funkcijama u okviru drc paketa:

- Logističkim funkcijama (LL)
- Weibull funkcijama dvije parametrizacije (W1, W2)
- Brain-Cousens funkcijama (BC)

Za izračun trajanja pojedinih razvojnih stadija komaraca u ovisnosti o temperaturi okoliša uzete su one funkcije koje su imale najveću korelaciju s literaturnim podacima.



#### 3.1.2.1. Opis korištenih funkcija u prilagođavanju podataka

#### 3.1.2.1.1. Logistička funkcija

Logistička funkcija je sigmoidna krivulja koja se često koristi u toksikologiji, populacijskoj ekologiji, biomatematici, statistici i ekonomiji. Funkcija može biti opisana različitim brojem parametara, pa tako govorimo o pet-, četiri-, tri- i dvo- parametarskoj logističkoj funkciji. Prilikom prilagođavanja krivulja, funkciju odabiremo ovisno o raspodjeli naših podataka, odnosno očekivanim minimalnim i maksimalnim vrijednostima.

Pet-parametarska logistička funkcija je opisana s pet parametra i ima opći oblik (3.1) (Slika 3.2a):

(3.1.) 
$$f(x) = c + \frac{d-c}{(1 + \exp(b(\ln(x) - \ln(e))))^f}$$

Gdje su:

- *c* donja asimptota funkcije
- d gornja asimptota funkcije

*b* nagib funkcije

e točka infleksije

*f* koeficijent asimetrije

Ukoliko je koeficijent asimetrije jednak 1 (f=1), tada govorimo o četiri parametarskoj logističkoj funkciji, koja je opisana s četiri parametra (b, c, d i e) i ima opći oblik (3.2.) (Slika 3.2b):

(3.2.) 
$$f(x) = c + \frac{d - c}{1 + \exp(b(\ln(x) - \ln(e)))}$$

Ako je pri tome i donja asimptota funkcije jednaka nuli (c=0, f=1), govorimo o tri-parametarskoj logističkoj funkciji koja je opisana sa tri parametra (b, d i e) i koja ima opći oblik (3.3.)(Slika 3.2c):

(3.3.) 
$$f(x) = \frac{d}{1 + \exp(b(\ln(x) - \ln(e)))}$$

Ukoliko se očekivani raspon vrijednosti funkcija nalazi rasponu od 0-1, odnosno ako je gornja asimptota funkcije jednaka jedinici (d=1, i f=1, c=0), govorimo o dvo-parametarskoj logističkoj funkciji koja je opisana sa samo dva parametra (b i e) i ima opći oblik (3.4.) (Slika 3.2.d):

(3.4.) 
$$f(x) = \frac{1}{1 + \exp(b(\ln(x) - \ln(e)))}$$



Slika 3.2. Izgled logističkih funkcija pri različitim parametrima. a) pet-parametarska logistička funkcija, b) četiriparametarska logistička funkcija, c) tri-parametarska logistička funkcija, d) dvo-parametarska logistička funkcija.

#### 3.1.2.1.2. Weibull funkcije

Postoje dvije parametrizacije Weibull funkcije koje ne daju iste vrijednosti prilikom prilagođavanju podataka. Weibull funkcije mogu biti opisane različitim brojem parametara, pa ovisno o tome govorimo o četiri-, tri- i dvo-parametarskoj Weibull funkciji. Četiri-parametarska funkcija opisana je pomoću četiri parametra i ima opći oblik (Slika 3.4.a i 3.4.d):

Prva parametrizacija četiri-parametarske funkcije opisana je izrazom (3.5.):

(3.5.) 
$$f(x) = c + (d - c)e^{(-e^{b(\ln(x) - \ln(e))})}$$

Druga parametrizacija četiri-parametarske funkcije opisana je izrazom (3.6.):

(3.6.) 
$$f(x) = c + (d - c)(1 - e^{b(\ln(x) - \ln(e))})$$

Gdje su:

- *b* nagib funkcije
- *c* donja granica funkcije
- *d* gornja granica funkcije
- e točka infleksije funkcije

Ukoliko je donja asimptota jednaka nuli (c=0), govorimo o tri-parametarskoj Weibull funkciji, koja je opisana sa tri parametra (b, d i e) i ima opći oblik (Slika 3.3b i e):

Prva parametrizacija tri-parametarske funkcije opisana je izrazom (3.7.):

(3.7.) 
$$f(x) = de^{(-e^{b(\ln(x) - \ln(e))})}$$

Druga parametrizacija tri-parametarske funkcije opisana je izrazom (3.8.):

(3.8.) 
$$f(x) = d(1 - e^{b(\ln(x) - \ln(e))})$$

Ako se očekivane vrijednosti funkcije nalaze u rasponu od 0-1, odnosno ako je donja asimptota jednaka nuli, a gornja jedinici (c=0, d=1), govorimo o dvo-parametarskoj Weibull funkciji koja ima opći oblik (Slika 3.3c i f):

Prva parametrizacija dvo-parametarske funkcije opisana je izrazom (3.9.):

(3.9.) 
$$f(x) = e^{(-e^{b(\ln(x) - \ln(e))})}$$

Druga parametrizacija dvo-parametarske funkcije opisana je izrazom (3.10.):

(3.10.) 
$$f(x) = (1 - e^{b(\ln(x) - \ln(e))})$$



Slika 3.3. Izgled Weibull funkcija pri različitim parametrima. a) četiri-parametarska Weibull funkcija–prva parametrizacija, b) tri-parametarska Weibull funkcija–prva parametrizacija, c) dvo-parametarska Weibull funkcija-prva parametrizacija, d) četiri-parametarska Weibull funkcija-druga parametrizacija, f) dvo-parametarska Weibull funkcija-druga parametrizacija.

#### 3.1.2.1.3. Brain-Cousens funkcija

Brain-Cousens funkcija predstavlja modificirani oblik logističke krivulje, kako bi bolje opisivala učinak hormeze. Za razliku od logističke funkcije, gornja asimptota nije ujedno i maksimalna vrijednost koju funkcija može poprimiti. Funkcija može biti opisana s pet ili četiri parametra, pa govorimo o pet- i četiri- parametarskoj Brain-Cousens funkciji. Pet parametarska funkcija opisana je s pet parametra i ima opći oblik (3.11.) (Slika 3.4a):

(3.11.) 
$$f(x) = c + \frac{d - c + fx}{1 + \exp(b(\ln(x) - \ln(e)))}$$

Gdje su:

- *b* nagib funkcije
- *c* donja granica funkcije
- *d* gornja granica funkcije
- *e* točka infleksije funkcije

Ukoliko je donja asimptota jednaka nuli (*c*=0) dobivamo četiri parametarsku Brain-Cousens funkciju koja ima opći oblik (3.12.) (Slika 3.4b):

(3.12.) 
$$f(x) = \frac{d + fx}{1 + \exp(b(\ln(x) - \ln(e)))}$$



*Slika 3.4. Izgled Brain-Cousens funkcija pri različitim parametrima. a) pet-parametarska Brain-Cousens funkcija, b) četriri-parametarska Brain-Cousens funkcija.* 

#### 3.1.2.2. Odabir funkcije za opis trajanja stadija jajašca

Prilikom određivanja trajanja stadija jajašca u ovisnosti o temperaturi, korišteni su literaturni podaci (Tablica 3.2). Podaci su prilagođavani logističkom i Weibull funkcijama uz različite početne pretpostavke. Za izračun trajanja stadija jajašca pri različitim temperaturama uzeta je ona funkcija koja je imala najbolju korelaciju s eksperimentalnim podacima.

Temperatura / °C	Trajanje stadija / [dani]
14	5
16	4
19	3
24	2
27	2

Tablica 3.2. Trajanje stadija jajašca u ovisnosti o temperaturi. (Kamura, 1959)

#### 3.1.2.2.1. Prilagođavanje četiri-parametarskom logističkom funkcijom

Prilikom prilagođavanja eksperimentalnih podataka četiri-parametarskom logističkom funkcijom, parametri funkcije zadavani su na tri načina:

- 1. U prvom slučaju pretpostavljeno je minimalno trajanje stadija jajašca od 2 dana i maksimalno trajanje od 20 dana, te su zadane vrijednosti gornje i donje asimptote logističke funkcije (c=2, d=20).
- 2. U drugom slučaju pretpostavljeno je samo minimalno trajanje stadija od 2 dana, te je zadana vrijednost donje asimptote logističke funkcije c=2.
- 3. U trećem slučaju podaci su prilagođavani na postojeće podatke, tako da nije zadavan niti jedan parametar logističke funkcije.

Uz tako zadane parametre dobiveni su koeficijenti logističke funkcije za ta tri slučaja (Tablica 3.3). Uz pomoć koeficijenata logističke funkcije izračunate su teorijske vrijednosti trajanja stadija pri različitim temperaturama (TV1, TV2, TV3) (Slika 3.5). Tako dobivene teorijske vrijednosti trajanja stadija pri različitim temperaturama, uspoređene su zatim s eksperimentalnim podacima, te je izračunata korelacija (Tablica 3.4).

Tablica 3.3. Koeficijenti četiri-parametarske logističke funkcije u tri različita slučaja: TV1- zadane su c=2, d=20; TV2 - zadano je c=2, TV3-vrijednosti koeficijenata kada nisu zadavani parametri logističke funkcije.

TV1	TV1 (LL.4)		TV2 (LL.4)		TV3 (LL.4)	
koeficijent b:	4,6122	koeficijent b:	8,1483	koeficijent b:	5,7397	
koeficijent e:	9,9657	koeficijent d:	5,7986	koeficijent c:	1,7259	
		koeficijent i:	16,3786	koeficijent d:	6,7926	
				koeficijent e:	15,5213	

Tablica 3.4. Usporedba izračunatih teorijskih vrijednosti trajanja stadija jajašca u tri pretpostavljena slučaja s eksperimentalnim podacima i pripadajući koeficijenti korelacije.

Temperatura /°C	TV1 (LL.4)	TV2 (LL.4)	TV3 (LL.4)	Eksperimentalni podaci
14	5,11	4,97	4,99	5
16	3,82	4,08	4,04	4
19	2,87	2,87	2,93	3
24	2,31	2,16	2,11	2
27	2,18	2,06	1,93	2
KORELACIJA:				
r =	0,989	0,996	0,998	
<b>r</b> <sup>2</sup> =	0,978	0,993	0,996	


Slika 3.5. Teorijske vrijednosti trajanja stadija izračunate četiri parametarskom logističkom funkcijom, za tri pretpostavljena slučaja. TV1-trajanje stadija jajašca u slučaju kada su zadane vrijednosti gornje i donje asimptote funkcije (c=2, d=20); TV2-trajanje stadija jajašca u slučaju kada je zadana samo vrijednost gornje asimptote funkcije (c=2); TV3- trajanje stadija jajašca u slučaju kada nisu zadavani parametri funkcije.

#### 3.1.2.2.2. Prilagođavanje četiri-paramatarskim Weibull funkcijama

U prilagođavanju eksperimentalnih podataka korištene su obje parametrizacije Weibull funkcije. Prilikom prilagođavanja podataka četiri-parametarskim Wiebull funkcijama, parametri funkcija izračunati su na tri načina.

- 1. U prvom slučaju pretpostavljeno je minimalno trajanje stadija jajašca od 2 dana i maksimalno trajanje od 20 dana, te su zadane gornja i donja vrijednost asimptote funkcija (*c*=2, *d*=20).
- 2. U drugom slučaju pretpostavljeno je samo minimalno trajanje stadija od 2 dana, te je zadana vrijednost donje asimptote funkcije c=2.
- 3. U trećem slučaju podaci su prilagođavani na postojeće podatke, i nije zadavan niti jedan parametar funkcije.

Uz tako postavljene parametre izračunati su koeficijenti Weibull funkcije za tri pretpostavljena slučaja (Tablica 3.5 i Tablica 3.6). Uz pomoć koeficijenata funkcije izračunate su teorijske vrijednosti trajanja stadija pri različitim temperaturama (TV1, TV2, TV3) (Slika 3.6). Dobivene teorijske vrijednosti trajanja stadija, uspoređene su zatim s eksperimentalnim podacima, te su izračunati koeficijenti korelacije (Tablica 3.7).

Tablica 3.5. Koeficijenti četiri-parametarske Weibull funkcije (W1.4) za tri pretpostavljena slučaja (prva parametrizacija): TV1-zadane su c=2, d=20; TV2-zadano je c=2, TV3-vrijednosti koeficijenata kada nisu zadavani parametri funkcije.

TV1 (W1.4)		TV2 (	W1.4)	TV3 (W1.4)		
koeficijent b:	10,8781	koeficijent b:	3,5360	koeficijent b:	2,9781	
koeficijent e:	10,2820	koeficijent d:	7,4265	koeficijent c:	1,9169	
		koeficijent e:	16,1636	koeficijent d:	8,3436	
				koeficijent e:	15,4850	

TV1 (W2.4)		TV2	(W2.4)	TV3 (V	V2.4)
koeficijent b:	-4,3844	koeficijent b:	-7,0266	koeficijent b:	-4,8570
koeficijent e:	9,5812	koeficijent d:	5,2139	koeficijent c:	1,6546
		koeficijent e:	16,0667	koeficijent d:	5,8158
				koeficijent e:	15,4616
20 15 10 10 10 0 0 0	5	10		TV1 (W1.4) TV2 (W1.4) TV3 (W1.4) TV1 (W2.4) TV2 (W2.4) TV3 (W2.4) Δ Eksperimentalni pod	laci
Ŭ	-	Temp	eratura / [°C]		20

Tablica 3.6. Koeficijenti četiri parametarske Weibull funkcije (W2.4) za tri pretpostavljena slučaja (druga parametrizacija): TV1-zadane su c=2, d=20; TV2-zadano je c=2, TV3-vrijednosti koeficijenata kada nisu zadavani parametri funkcije.

Slika 3.6. Teorijske vrijednosti trajanja stadija u ovisnosti o temperaturi izračunate četiri-parametarskim Weibull funkcijama, za tri pretpostavljena slučaja. TVI (W1.4)-trajanje stadija jajašca u slučaju kada su zadane vrijednosti gornje i donje asimptote funkcije (c=2, d=20), prva parametrizacija funkcije; TV2 (W1.4)-trajanje stadija jajašca u slučaju kada je zadana samo vrijednost gornje asimptote funkcije (c=2)prva parametrizacija funkcije; TV3 (W1.4)- trajanje stadija jajašca u slučaju kada nisu zadavani parametri funkcije, prva parametrizacija funkcije. TV1 (W2.4)-trajanje stadija jajašca u slučaju kada su zadane vrijednosti gornje i donje asimptote funkcije (c=2, d=20), druga parametrizacija funkcije; TV2 (W2.4)-trajanje stadija jajašca u slučaju kada je zadana samo vrijednost gornje asimptote funkcije (c=2), druga parametrizacija funkcije; TV3 (W2.4)-trajanje stadija jajašca u slučaju kada nisu zadavani parametri funkcije, druga parametrizacija funkcije.

Tablica 3.7. Usporedba teorijskih vrijednosti s eksperimentalnim podacima i pripadajući koeficijenti kon	relacije.
--	-----------

Temperatura /°C	TV1 (W1.4)	TV2 (W1.4)	TV3 (W1.4)⁺	TV1 (W2.4)	TV2 (W2.4)	TV3 (W2.4)	Eksperimentalni podaci
14	2	4,97	4,98	5,10	4,983	4,99	5
16	2	4,06	4,05	3,80	4,06	4,03	4
19	2	2,92	2,93	2,87	2,85	2,934	3
24	2	2,09	2,07	2,31	2,18	2,11	2
27	2	2,01	1,95	2,19	2,08	1,92	2
KORELACIJA							
r =	0,771	0,99	0,998	0,987	0,995	0,998	
$\mathbf{r}^2 =$	0,595	0,99	0,997	0,975	0,991	0,996	

\* Teorijska vrijednost sa najboljim koeficijentom korelacije za stadij jajašca.

3.1.2.3. Odabir funkcije za opis trajanja stadija ličinke

Prilikom određivanja trajanja ličinačkih stadija u ovisnosti o temperaturi korišteni su literaturni podaci (Tablica 3.8). Podaci su prilagođavani logističkom i Weibull funkcijama pri čemu su korištene obje parametrizacije funkcije. Za izračun trajanja ličinačkih stadija pri različitim temperaturama za model uzeta je ona funkcija koja je imala najbolju korelaciju s eksperimentalnim podacima.

Temperatura /°C	Trajanje stadija / [dani]
14	26
16	25
19	21
24	12
27	12

Tablica 3.8. Trajanje ličinačkih stadija u ovisnosti o temperaturi. (Kamura, 1959)

# 3.1.2.3.1. Prilagođavanje četiri-parametarskom logističkom funkcijom

Prilikom prilagođavanja podataka četiri-parametarskom logističkom funkcijom, parametri funkcije izračunati su za tri pretpostavljena slučaja.

- 1. U prvom slučaju pretpostavljeno je minimalno trajanje ličinačkih stadija od 12 dana i maksimalno trajanje od 26 dana, te su zadane gornja i donja vrijednost asimptote logističke funkcije (c=12, d=26).
- 2. U drugom slučaju pretpostavljeno je samo minimalno trajanje stadija od 12 dana, te je zadana vrijednost donje asimptote logističke funkcije c=12.
- 3. U trećem slučaju podaci su prilagođavani na postojeće podatke, i nije zadavan niti jedan parametar logističke funkcije.

Uz tako zadane parametre izračunati su koeficijenti logističke funkcije za tri pretpostavljena slučaja (Tablica 3.9). Uz pomoć koeficijenata logističke funkcije izračunate su teorijske vrijednosti trajanja ličinačkih stadija pri različitim temperaturama (TV1, TV2, TV3) (Slika 3.7). Dobivene teorijske vrijednosti trajanja stadija, uspoređene su zatim s eksperimentalnim podacima, te su izračunati koeficijenti korelacije (Tablica 3.10).

Tablica 3.9. Koeficijenti četiri-parametarske logističke funkcije izračunati za tri pretpostavljena slučaja.: TV1- zadane su c=12, d=26; TV2-zadano je c=12, TV3-vrijednosti koeficijenata kada nisu zadavani parametri logističke funkcije.

TV1 (LL.4)		TV2	(LL.4)	TV3 (LL.4)		
koeficijent b:	17,3162	koeficijent <i>b</i> : 19,8785		koeficijent b:	17,1296	
koeficijent e:	19,6128	koeficijent d:	25,6400	koeficijent c:	11,7403	
		koeficijent e:	19,6285	koeficijent d:	25,7285	
				koeficijent e:	19,7366	

Tablica 3.10. Usporedba teorijskih vrijednosti trajanja ličinačkih stadija za tri pretpostavljena slučaja, usporedba s eksperimentalnim podacima i pripadajući koeficijenti korelacije.

Temperatura /°C	TV1 (LL.4)	TV2 (LL.4)	TV3 (LL.4)	Eksperimentalni podaci
14	25,96	25,62	25,69	26
16	25,60	25,41	25,35	25
19	20,88	20,95	20,94	21
24	12,41	12,25	12,21	12
27	12,06	12,02	11,81	12
KORELACIJA:				
r =	0,9990	0,9991	0,9992	
$r^{2} =$	0,9979	0,9982	0,9983	



Slika 3.7. Teorijske vrijednosti trajanja ličinačkih stadija u ovisnosti o temperaturi izračunate četiriparametarskom logističkom funkcijom, za tri pretpostavljena slučaja. TV1-trajanje ličinačkih stadija u slučaju kada su zadane vrijednosti gornje i donje asimptote funkcije (c=12, d=26); TV2-trajanje ličinačkih stadija u slučaju kada je zadana samo vrijednost gornje asimptote funkcije (c=12); TV3-trajanje ličinačkih stadija u slučaju kada nisu zadavani parametri funkcije.

# 3.1.2.3.2. Prilagođavanje četiri-parametarskim Weibull funkcijama

Prilikom prilagođavanja eksperimentalnih podataka četiri-parametarskim Weibull funkcijama, parametri funkcije izračunati su na tri načina.

- 1. U prvom slučaju pretpostavljeno je minimalno trajanje stadija od 12 dana i maksimalno trajanje od 26 dana, te su zadane gornja i donja vrijednost asimptote funkcija (*c*=12, *d*=26).
- 2. U drugom slučaju pretpostavljeno je samo minimalno trajanje stadija od 12 dana, te je zadana vrijednost donje asimptote funkcije c=12.
- 3. U trećem slučaju podaci su prilagođavani na postojeće podatke, te nije zadavan niti jedan parametar logističke funkcije.

Uz tako postavljene parametre izračunati su koeficijenti Weibull funkcija za tri pretpostavljena slučaja (Tablica 3.11 i Tablica 3.12). Uz pomoć koeficijenata funkcije izračunate su teorijske vrijednosti trajanja ličinačkih stadija pri različitim temperaturama (TV1, TV2, TV3) (Slika 3.8). Dobivene teorijske vrijednosti trajanja stadija, uspoređene su zatim s eksperimentalnim podacima, te su izračunati koeficijenti korelacije (Tablica 3.13).

Tablica 3.11. Koeficijenti četiri-parametarske Weibull funkcije (W1.4) za tri pretpostavljena slučaja: TV1-zadane su c=12, d=26; TV2-zadano je c=12, TV3-vrijednosti koeficijenata kada nisu zadavani parametri funkcije.

TV1 (W1.4)		TV2	(W1.4)	TV3 (W1.4)		
koeficijent b:	11,0677	koeficijent b:	10,1222	koeficijent b:	9,8720	
koeficijent e:	20,4488	koeficijent d:	26,2140	koeficijent c:	11,9325	
		koeficijent e:	20,5107	koeficijent d:	26,2516	
				koeficijent e:	20,5533	

TV1 (	TV1 (W2.4)		(W2.4)	TV3 (W2.4)		
koeficijent b:	-32,3466	koeficijent b:	-33,5343	koeficijent b:	-33,0428	
koeficijent e:	19,0171	koeficijent d:	25,4999	koeficijent c:	11,9966	
		koeficijent e:	19,0533	koeficijent d:	25,5000	
				koeficijent e:	19,0542	

Tablica 3.12. Koeficijenti četiri-parametarske Weibull funkcije (W2.4) za tri pretpostavljena slučaja: TV1-zadane su c=12, d=26; TV2-zadano je c=12, TV3-vrijednosti koeficijenata kada nisu zadavani parametri funkcije.



Slika 3.8. Teorijske vrijednosti trajanja ličinačkih stadija u ovisnosti o temperaturi izračunate četiriparametarskim Weibull funkcijama, za tri pretpostavljena slučaja. TV1 (W1.4)-trajanje ličinačkih stadija u slučaju kada su zadane vrijednosti gornje i donje asimptote funkcije (c=2, d=20), prva parametrizacija funkcije; TV2 (W1.4)-trajanje ličinačkih stadija u slučaju kada je zadana samo vrijednost gornje asimptote funkcije (c=2) prva parametrizacija funkcije; TV3 (W1.4)-trajanje ličinačkih stadija u slučaju kada nisu zadavani parametri funkcije, prva parametrizacija funkcije. TV1 (W2.4)-trajanje ličinačkih stadija u slučaju kada su zadane vrijednosti gornje i donje asimptote funkcije (c=2, d=20), druga parametrizacija funkcije; TV2 (W2.4)-trajanje ličinačkih stadija u slučaju kada je zadana samo vrijednost gornje asimptote funkcije; TV2 (W2.4)-trajanje ličinačkih stadija u slučaju kada je zadana samo vrijednost gornje asimptote funkcije; (c=2), druga parametrizacija funkcije; TV3 (W2.4)- trajanje ličinačkih stadija u slučaju kada nisu zadavani parametri funkcije, druga parametrizacija funkcije.

TT 11. 212	TT 11			1 .		1 .			A	1 1	
Lablica X IX	Ignorodha	toornerin	vruodnosti	c okenorimoi	ntalnim	nodacima	i nrinad	anicik	noticiionti	korola	C110
<i>I u u u u u u u u u u</i>	Osporeuou	iconijskin	vi ijeanosti s	s chaper inter	uamm p	pouucimu	ι ριιραα	αγαςι κ		noreiuc	JUC
		2									

Temperatura / °C	TV1 (W1.4)	TV2 (W1.4)	TV3 (W1.4)⁺	TV1 (W2.4)	TV2 (W2.4)	TV3 (W2.4)	Eksperimentalni podaci
14	25,79	25,91	25,93	26,00	25,50	25,50	26
16	25,10	25,10	25,09	26,00	25,50	25,50	25
19	20,98	20,96	20,96	21,00	21,00	21,00	21
24	12,03	12,10	12,07	12,00	12,00	12,00	12
27	12,00	12,00	11,93	12,00	12,00	11,99	12
KORELACIJA:							
r =	0,999869	0,999930	0,999935	0,998441	0,998661	0,998661	
$\mathbf{r}^2 =$	0,999739	0,999861	0,999871	0,996884	0,997323	0,997323	

Teorijska vrijednost s najboljim koeficijentom korelacije za ličinački stadij.

# 3.1.2.4. Odabir funkcije za opis trajanja stadija kukuljice

Prilikom određivanja trajanja stadija kukuljice u ovisnosti o temperaturi korišteni su literaturni podaci (Tablica 3.14). Podaci su prilagođavani logističkom i Weibull funkcijama pri čemu su korištene obje parametrizacije funkcije. Za izračun trajanja stadija kukuljice pri različitim temperaturama za potrebe modela uzeta je ona funkcija koja je imala najbolju korelaciju s eksperimentalnim podacima.

Temperatura /°C	Trajanje stadija / [dani]
14	5
16	5
19	4
24	3
27	3

Tablica 3.14. Trajanje stadija kukuljice u ovisnosti o temperaturi. (Kamura, 1959)

# 3.1.2.4.1. Prilagođavanje četiri-parametarskom logističkom funkcijom

Prilikom prilagođavanja eksperimentalnih podataka četiri-parametarskom logističkom funkcijom, parametri funkcije izračunati su za tri pretpostavljena slučaja.

- 1. U prvom slučaju pretpostavljeno je minimalno trajanje stadija kukuljice od 3 dana i maksimalno trajanje od 5 dana, te su zadane gornja i donja vrijednost asimptote logističke funkcije (c=3, d=5).
- 2. U drugom slučaju pretpostavljeno je samo minimalno trajanje stadija od 3 dana, te je zadana vrijednost donje asimptote logističke funkcije c=3.
- 3. U trećem slučaju podaci su prilagođavani na postojeće podatke, te nije zadavan niti jedan parametar logističke funkcije.

Uz tako zadane parametre izračunati su koeficijenti logističke funkcije za ta tri slučaja (Tablica 3.15). Uz pomoć koeficijenata logističke funkcije zatim su izračunate teorijske vrijednosti trajanja stadija pri različitim temperaturama (TV1, TV2, TV3) (Slika 3.9). Dobivene teorijske vrijednosti trajanja stadija, uspoređene su zatim s eksperimentalnim podacima, te su izračunati koeficijenti korelacije (Tablica 3.16).

Tablica 3.15. Koeficijenti četiri-parametarske logističke funkcije za tri pretpostavljena slučaja: TV1-zadane su c=3, d=5; TV2-zadano je c=3, TV3-vrijednosti koeficijenata kada nisu zadavani parametri logističke funkcije.

TV1 (LL.4)		TV2 (LL.4)		TV3 (LL.4)	
koeficijent b:	42,5208	koeficijent b:	43,3141	koeficijent b:	43,2469
koeficijent e:	18,9999	koeficijent d:	5,0006	koeficijent c:	2,9999
		koeficijent e:	18,9997	koeficijent d:	5,000
				koeficijent e:	18,9997

Tablica 3.16. Usporedba teorijskih vrijednosti trajanja stadija kukuljice za tri pretpostavljena slučaja, usporedba s eksperimentalnim podacima i pripadajući koeficijenti korelacije.

Temperatura /°C	TV1 (LL.4)	TV2 (LL.4)	TV3 (LL.4) <sup>◆</sup>	Eksperimentalni podaci
14	5,00	5,00	5,00	5
16	5,00	5,00	5,00	5
19	4,00	4,00	4,00	4
24	3,00	3,00	3,00	3
27	3,00	3,00	3,00	3
KORELACIJA:				
r =	1	1	1	
$r^2 =$	1	1	1	

<sup>•</sup> Funkcija odabrana za opis trajanja stadija kukuljice.



Slika 3.9. Teorijske vrijednosti trajanja stadija kukuljice u ovisnosti o temperaturi izračunate četiriparametarskom logističkom funkcijom, za tri pretpostavljena slučaja. TV1-trajanje stadija kukuljice u slučaju kada su zadane vrijednosti gornje i donje asimptote funkcije (c=3, d=5); TV2-stadija kukuljice u slučaju kada je zadana samo vrijednost gornje asimptote funkcije (c=3); TV3-trajanje stadija kukuljice u slučaju kada nisu zadavani parametri funkcije.

#### 3.1.2.4.2. Prilagođavanje četiri-parametarskim Weibull funkcijama

Prilikom prilagođavanja eksperimentalnih podataka četiri-parametarskim Wiebull funkcijama, parametri funkcije izračunati su na tri načina.

- 1. U prvom slučaju pretpostavljeno je minimalno trajanje stadija od 3 dana i maksimalno trajanje od 5 dana, te su zadane gornja i donja vrijednost asimptote funkcija (c=3, d=5).
- 2. U drugom slučaju pretpostavljeno je samo minimalno trajanje stadija od 3 dana, te je zadana vrijednost donje asimptote funkcije c=3.
- 3. U trećem slučaju podaci su prilagođavani na postojeće podatke, i nije zadavan niti jedan parametar logističke funkcije.

Uz tako postavljene parametre izračunati su koeficijenti Weibull funkcija za tri pretpostavljena slučaja (Tablica 3.17 i Tablica 3.18). Uz pomoć koeficijenata funkcije zatim su izračunate teorijske vrijednosti trajanja stadija pri različitim temperaturama (TV1, TV2, TV3) (Slika 3.10). Dobivene teorijske vrijednosti trajanja stadija kukuljice, uspoređene su zatim s eksperimentalnim podacima, te su izračunati koeficijenti korelacije (Tablica 3.19).

Tablica 3.17. Koeficijenti četiri-parametarske Weibull funkcije (W1.4) za tri pretpostavljena slučaja: TV1-zadane su c=3, d=5; TV2-zadano je c=3, TV3-vrijednosti koeficijenata kada nisu zadavani parametri funkcije.

TV1 (W1.4)		TV2 (W1.4)		TV3 (W1.4)	
koeficijent b:	35,1401	koeficijent b:	33,7170	koeficijent b:	32,393
koeficijent e:	19,1992	koeficijent d:	5,0020	koeficijent c:	3,0000
		koeficijent e:	19,2068	koeficijent d:	5,0026
				koeficijent e:	19,2151

TV1 (W2.4)		TV2 (W2.4)		TV3 (W2.4)	
koeficijent b:	-28,3219	koeficijent b:	-27,8670	koeficijent b:	-26,9785
koeficijent e:	18,7556	koeficijent d:	5,0000	koeficijent c:	2,9986
		koeficijent e:	18,7516	koeficijent d:	5,0000
				koeficijent e:	18,7442

Tablica 3.18. Koeficijenti četiri-parametarske Weibull funkcije (W2.4) za tri pretpostavljena slučaja: TV1-zadane su c=3, d=5; TV2-zadano je c=3, TV3-vrijednosti koeficijenata kada nisu zadavani parametri funkcije.



Slika 3.10. Teorijske vrijednosti trajanja stadija kukuljice u ovisnosti o temperaturi izračunate četiriparametarskim Weibull funkcijama, za tri pretpostavljena slučaja. TV1 (W1.4)-trajanje stadija kukuljice u slučaju kada su zadane vrijednosti gornje i donje asimptote funkcije (c=3, d=5), prva parametrizacija funkcije; TV2 (W1.4)-trajanje stadija kukuljice u slučaju kada je zadana samo vrijednost gornje asimptote funkcije (c=3), prva parametrizacija funkcije; TV3 (W1.4)-trajanje stadija kukuljice u slučaju kada nisu zadavani parametri funkcije, prva parametrizacija funkcije. TV1 (W2.4)-trajanje stadija kukuljice u slučaju kada su zadane vrijednosti gornje i donje asimptote funkcije (c=3, d=5), druga parametrizacija funkcije; TV2 (W2.4)-trajanje stadija kukuljice u slučaju kada je zadana samo vrijednost gornje asimptote funkcije; TV2 (W2.4)-trajanje stadija kukuljice u slučaju kada je zadana samo vrijednost gornje asimptote funkcije (c=3), druga parametrizacija funkcije; TV3 (W2.4)-trajanje stadija kukuljice u slučaju kada nisu zadavani parametri funkcije, druga parametrizacija funkcije.

Tablica 3.19. Usporedba teorijskih vrijednosti s eksperimentalnim podacima i pripadajući koeficijenti korelacije.

Temperatura / °C	TV1 (W1.4)	TV2 (W1.4)	TV3 (W1.4)	TV1 (W2.4)	TV2 (W2.4)	TV3 (W2.4)	Eksperimentalni podaci
14	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5.00	5
16	4.99	4.99	4.99	5.00	5.00	5.00	5
19	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4.00	4
24	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3
27	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	2.99	3
KORELACIJA:							
r =	0.999999	0.999999	0.999998	1	1	1	
<b>r</b> <sup>2</sup> =	0.999999	0.999998	0.999997	1	0.999999	0.999999	

3.1.2.5. Odabiranje funkcije za opis trajanja stadija adultnih jedinki

Prilikom određivanja trajanja gonotropnog ciklusa u ovisnosti o temperaturi korišteni su literaturni podaci (Tablica 3.20). Kako su eksperimentalni podaci dani u rasponima za prilagođavanje eksperimentalnih podataka korištene su srednje vrijednosti temperature i trajanja ciklusa. Podaci su prilagođavani logističkom i Weibull funkcijama pri čemu su korištene obje parametrizacije funkcije. Za izračun trajanja gonotropnog ciklusa pri različitim temperaturama za potrebe modela uzeta je ona funkcija koja je imala najbolju korelaciju s eksperimentalnim podacima.

Tablica 3.20. Trajanje gonotropnog ciklusa Culex pipiens pri različitim temperaturama. (Il'Chenko, 1974)

Temperatura /°C	Trajanje gonotropnog ciklusa (sati)	Trajanje gonotropnog ciklusa (dani)
28-29	65-74	2,7-3
26-27	72-92	3-3,8
22-25	84-92	3,5-3,8
18-21	137	5,7

#### 3.1.2.5.1. Prilagođavanje četiri-parametarskom logističkom funkcijom

Prilikom prilagođavanja eksperimentalnih podataka četiri-parametarskom logističkom funkcijom, parametri funkcije izračunati su za tri slučaja.

- 1. U prvom slučaju pretpostavljeno je minimalno trajanje gonotropnog ciklusa od 3 dana i maksimalno trajanje od 8 dana, te su zadane gornja i donja vrijednost asimptote logističke funkcije (c=3, d=8).
- 2. U drugom slučaju pretpostavljeno je samo minimalno trajanje gonotropnog ciklusa od 3 dana, te je zadana samo vrijednost donje asimptote logističke funkcije *c*=3.
- 3. U trećem slučaju eksperimentalni podaci su prilagođavani na postojeće podatke, i nije zadavan niti jedan parametar logističke funkcije.

Uz tako zadane parametre izračunati su koeficijenti logističke funkcije za tri pretpostavljena slučaja (Tablica 3.21). Uz pomoć koeficijenata logističke funkcije izračunate su teorijske vrijednosti trajanja gonotropnog ciklusa pri različitim temperaturama (TV1, TV2, TV3) (Slika 3.11). Dobivene teorijske vrijednosti trajanja gonotropnog ciklusa, uspoređene su zatim s eksperimentalnim podacima, i izračunati su koeficijenti korelacije (Tablica 3.22).

Tablica 3.21. Koeficijenti četiri-parametarske logističke funkcije za tri pretpostavljena slučaja: TV1-zadane su c=3, d=8; TV2-zadano je c=3, TV3-vrijednosti koeficijenata kada nisu zadavani parametri logističke funkcije.

TV1 (LL.4)		TV2 (LL.4)		TV3 (LL.4)	
koeficijent b:	9.5334	koeficijent b:	7.8005	koeficijent b:	6.0175
koeficijent e:	19.9208	koeficijent d:	13.2088	koeficijent c:	2.6270
		koeficijent e:	17.2207	koeficijent d:	22.7002
				koeficijent e:	14.6661

Tablica 3.22. Usporedba teorijskih vrijednosti trajanja gonotropnih ciklusa za tri pretpostavljena slučaja, usporedba s eksperimentalnim podacima i pripadajući koeficijenti korelacije.

Temperatura /°C	TV1 (LL.4)	TV2 (LL.4)	TV3 (LL.4)	Eksperimentalni podaci
28,5	3,01	3,05	2,98	2,85
26,5	3,16	3,19	3,18	3,4
23,5	3,73	3,69	3,73	3,65
19,5	5,68	5,69	5,69	5,7
KORELACIJA:				
r =	0,991	0,991	0,9919	
r <sup>2</sup> =	0,981	0,982	0,9839	



Slika 3.11. Teorijske vrijednosti trajanja gonotropnog ciklusa u ovisnosti o temperaturi izračunate četiriparametarskom logističkom funkcijom, za tri pretpostavljena slučaja. TV1-trajanje gonotropnog ciklusa u slučaju kada su zadane vrijednosti gornje i donje asimptote funkcije (c=3, d=8); TV2-gonotropnog ciklusa u slučaju kada je zadana samo vrijednost gornje asimptote funkcije (c=3); TV3-trajanje gonotropnog ciklusa u slučaju kada nisu zadavani parametri funkcije.

# 3.1.2.5.2. Prilagođavanje četiri-parametarskim Weibull funkcijama

Prilikom prilagođavanja eksperimentalnih podataka četiri-parametarskim Wiebull funkcijama, parametri funkcije izračunati su na tri načina.

- 1. U prvom slučaju pretpostavljeno je minimalno trajanje ciklusa od 3 dana i maksimalno trajanje od 5 dana, te su zadane gornja i donja vrijednost asimptote funkcija (c=3, d=5).
- 2. U drugom slučaju pretpostavljeno je samo minimalno trajanje ciklusa od 3 dana, te je zadana vrijednost donje asimptote funkcije c=3.
- 3. U trećem slučaju podaci su prilagođavani na postojeće podatke, i nije zadavan niti jedan parametar logističke funkcije.

Uz tako postavljene parametre izračunati su koeficijenti Weibull funkcija za tri pretpostavljena slučaja (Tablica 3.23 i 3.24). Uz pomoć koeficijenata funkcije zatim su izračunate teorijske vrijednosti trajanja ciklusa pri različitim temperaturama (TV1, TV2, TV3) (Slika 3.12). Dobivene teorijske vrijednosti trajanja gonotropnog ciklusa, uspoređene su zatim s eksperimentalnim podacima, te su izračunati koeficijenti korelacija (Tablica 3.25)

Tablica 3.23. Koeficijenti četiri-parametarske Weibull funkcije (W1.4) za tri pretpostavljena slučaja: TV1-zadane su c=3, d=8; TV2-zadano je c=3, TV3-vrijednosti koeficijenata kada nisu zadavani parametri funkcije.

TV1 (W1.4)		TV2 (W1.4)		TV3 (W1.4)	
koeficijent b:	20,7193	koeficijent b:	2,2065	koeficijent b:	2,2876
koeficijent e:	2,5327	koeficijent d:	29,8843	koeficijent c:	2,8481
		koeficijent e:	13,4898	koeficijent d:	27,1092
				koeficijent e:	13,9654

TV1 (W2.4)		TV2 (W2.4)		TV3 (W2.4)	
koeficijent b:	-7,1115	koeficijent b:	-6,0495	koeficijent b:	-5,5612
koeficijent e:	18,9921	koeficijent d:	29,1350	koeficijent c:	2,5858
		koeficijent e:	13,7404	koeficijent d:	25,3981
				koeficijent e:	13,8020

Tablica 3.24. Koeficijenti četiri-parametarske Weibull funkcije (W2.4) za tri pretpostavljena slučaja: TV1-zadane su c=3, d=8; TV2-zadano je c=3, TV3-vrijednosti koeficijenata kada nisu zadavani parametri funkcije.



Slika 3.12. Teorijske vrijednosti trajanja gonotropnog ciklusa u ovisnosti o temperaturi izračunate četiri parametarskim Weibull funkcijama, za tri pretpostavljena slučaja. TV1 (W1.4)-trajanje gonotropnog ciklusa u slučaju kada su zadane vrijednosti gornje i donje asimptote funkcije (c=3, d=8), prva parametrizacija funkcije; TV2 (W1.4)-trajanje gonotropnog ciklusa u slučaju kada je zadana samo vrijednost gornje asimptote funkcije (c=3) prva parametrizacija funkcije; TV3 (W1.4)-trajanje gonotropnog ciklusa u slučaju kada nisu zadavani parametri funkcije, prva parametrizacija funkcije. TV1 (W2.4)-trajanje gonotropnog ciklusa u slučaju kada su zadane vrijednosti gornje i donje asimptote funkcije (c=3, d=8), druga parametrizacija funkcije; TV2 (W2.4)-trajanje gonotropnog ciklusa u slučaju kada je zadana samo vrijednost gornje asimptote funkcije (c=3), druga parametrizacija funkcije; TV3 (W2.4)-trajanje gonotropnog ciklusa u slučaju kada nisu zadavani parametri funkcije, druga parametrizacija funkcije.

-	-	-	-	-			-
Temperatura / °C	TV1 (W1.4)	TV2 (W1.4)	TV3 (W1.4)	TV1 (W2.4)	TV2 (W2.4)	TV3 (W2.4)*	Eksperimentalni podaci
28,5	2,85	2,99	2,99	3,12	3,16	2,98	2,85
26,5	2,85	3,17	3,16	3,31	3,34	3,18	3,4
23,5	2,85	3,74	3,75	3,86	3,85	3,73	3,65
19,5	2,85	5,68	5,68	5,75	5,82	5,69	5,7
KORELACIJA:							
r =	0	0,9909	0,9908	0,9914	0,9919	0,9921	
r <sup>2</sup> =	0	0,9818	0,9816	0,9829	0,9840	0,9842	

Tablica 3.25. Usporedba teorijskih vrijednosti s eksperimentalnim podacima i pripadajući koeficijenti korelacije.

<sup>\*</sup> Teorijska vrijednost s najboljim koeficijentom korelacije za trajanje gonotropnog ciklusa.

3.1.3. Izračun vjerojatnosti prijelaza (*Pi*) u ovisnosti o srednjoj dnevnoj temperaturi i starosti jedinki

Budući da se vjerojatnosti (Pi) kreću u rasponu od 0 do 1, za modeliranje vjerojatnosti prelaska iz stadija *i* u stadij *i*+1 korištena je dvo-parametarska logistička funkcija, opisana parametrom *b* (nagib funkcije) i parametrom *e* (točka infleksije, odnosno polovica vrijednosti raspona funkcije).

Za izračunavanje vjerojatnosti prijelaza iz stadija *i* u stadij *i*+1, korištene su vrijednosti trajanja stadija pri određenim temperaturama, izračunate iz funkcija koje su imale najbolju korelaciju sa eksperimentalnim podacima. Vrijednosti trajanja stadija u ovisnosti o srednjoj dnevnoj temperaturi uzete su kao  $E_{50}$  vrijednosti (*e* parametar logističke funkcije), odnosno, kao vrijeme u kojem 50% populacije prelazi u slijedeći razvojni stadij. Dakle, ako stadij pri temperaturi od 15°C traje 10 dana (vrijednost izračunata funkcijom = *e* vrijednost), to znači da će 50% populacije za 10 dana prijeći u slijedeći stadij.

Za *b* parametar dvo-parametarske logističke funkcije uzeta je ista vrijednost kao i ona koja je dobivena prilagođavanjem eksperimentalnih podataka. Iz tako postavljenih parametara izračunate su vjerojatnosti prelaska (*Pi*) iz jednog stadija u naredni stadij za svaki dan u godini, obzirom na srednju dnevnu temperaturu. Izračunate vjerojatnosti zatim su ubacivane u projekcijsku matricu.

3.1.3.1. Izračun vjerojatnosti prijelaza (*Pi*) iz stadija jajašca u ličinački stadij u ovisnosti o srednjoj dnevnoj temperaturi i starosti jajašca

Za izračun trajanja stadija jajašca korištena je četiri-parametarska Weibull funkcija (prva parametrizacija), te parametri funkcije dobiveni prilagođavanjem eksperimentalnih podataka u slučaju kada nisu zadavane gornja i donja vrijednost asimptote, budući da je u tom slučaju korelacija bila najveća. Trajanje stadija jajašca u vremenu *t* izračunato je prema izrazu (3.13.):

 $TS_{EGG}(t) = 8.343 \cdot e^{-e^{2.98 \cdot (\ln(SDT(t)) - \ln(15.48))}}$ 

Gdje je:

 $TS_{EGG}$ trajanje stadija jajašca u vremenu t / [dan]SDT(t)srednja dnevna temperatura u vremenu t / °C

Vrijednosti trajanja stadija pri određenim temperaturama ( $TS_{EGG}(t)$ ) uzete su kao *e* parametar dvoparametarske logističke funkcije, pomoću koje je izračunata vjerojatnost izlijeganja jajašca određene starosti pri određenim temperaturama (3.14.). Za *b* parametar dvo-parametarske logističke funkcije uzeta je ista vrijednost kao i ona dobivena pri prilagođavanju eksperimentalnih podataka (*b*=2,98).

(3.14.) 
$$P_{i,EGG}(t) = \frac{1}{1 + e^{2.98(\ln(S_{EGG}(t)) - \ln(TS_{EGG}(t)))}}$$

Gdje je:

Pi, <sub>EGG</sub>	vjerojatnost izlijeganja jaja u vremenu t
$S_{EGG}(t)$	starost jaja u vremenu t / [dan]
$TS_{EGG}(t)$	trajanje stadija jajašca u vremenu t / [dan]

Kako postoji granična temperatura ispod koje nema izlijeganja jaja, a ona iznosi 8°C, ispod te temperature trajanje stadija je jednako nuli, odnosno nema izlijeganja jaja (Slika 3.13). Vjerojatnosti izlijeganja jajašca pri različitim srednjim dnevnim temperaturama prikazane su na Slika 3.14.



Slika 3.13. Modelirani podaci vremena sazrijevanja ličinki pri određenim temperaturama (Weibull funkcija, prva parametrizacija), i usporedba s eksperimentalnim podacima. 8°C je granična temperatura ispod koje nema razvoja ličinki.



*Slika 3.14. Vjerojatnost (Pi) prelaska ličinki određene starosti u stadij kukuljice pri različitim srednjim dnevnim temperaturama.* 

3.1.3.2. Izračun vjerojatnosti prijelaza (*Pi*) iz stadija kukuljice u adultni stadij u ovisnosti o srednjoj dnevnoj temperaturi i starosti kukuljice

Za izračun trajanja stadija kukuljice korištena je četiri-parametarska logistička funkcija te parametri funkcije dobiveni prilagođavanjem eksperimentalnih podataka u slučaju kada nisu zadavane gornja i donja vrijednost asimptote, budući je u tom slučaju korelacija bila najveća (3.15.).

(3.15.) 
$$TS_{PUP}(t) = 3 + \frac{2}{1 + e^{43.25(\ln(SDT(t)) - \ln(19))}}$$

Gdje je:

$TS_{PUP}(t)$	trajanje stadija kukuljice u vremenu t / [dan]
SDT(t)	srednja dnevna temperatura u vremenu t / °C

Vrijednosti trajanja stadija pri određenim temperaturama uzete su kao e parametar dvoparametarske logističke funkcije, pomoću koje je izračunata vjerojatnost prelaska kukuljice određene starosti pri određenim temperaturama, u adultni stadij (3.16.). Za b parametar dvo-parametarske logističke funkcije uzeta je ista vrijednost kao i ona dobivena pri prilagođavanju eksperimentalnih podataka (b=43,25).

(3.16.) 
$$P_{i,PUP}(t) = \frac{1}{1 + e^{43.25(\ln(S_{PUP}(t)) - \ln(TS_{PUP}(t)))}}$$

Kako postoji granična temperatura ispod koje nema razvoja kukuljica, a ona iznosi 8°C, ispod te temperature trajanje stadija je jednako nuli, odnosno, kukuljice ne prelaze u adultni stadij. (Slika 3.15). Vjerojatnosti prelaska ličinke u stadij kukuljice pri različitim srednjim dnevnim temperaturama prikazane su na Slika 3.16.



Slika 3.15. Modelirani podaci vremena sazrijevanja kukuljica pri određenim temperaturama (četiri-parametarska logistička funkcija), i usporedba s eksperimentalnim podacima. 8°C je granična temperatura ispod koje nema razvoja kukuljica.



Slika 3.16. Vjerojatnost (Pi) prelaska kukuljice određene starosti u adultni stadij pri različitim srednjim dnevnim temperaturama.

#### 3.1.3.3. Izračun vjerojatnosti (Pi) prijelaza kroz gonotropne cikluse

Za izračun trajanja gonotropnog ciklusa korištena je četiri-parametarska Weibull funkcija (druga parametrizacija) i parametri funkcije dobiveni prilagođavanjem eksperimentalnih podataka u slučaju kada nisu zadavane gornja i donja vrijednost asimptote, odnosno trajanja gonotropnog ciklusa, budući da je u tom slučaju korelacija bila najveća (3.17.).

(3.17.) 
$$TS_{GC}(t) = 25.4(1 - e^{-e(-5.56)(\ln(SDT(t)) - \ln(13.80))}$$

Gdje je:

$TS_{GC}(t)$	trajanje gonotropnog ciklusa u vremenu t / [dan]
SDT(t)	srednja dnevna temperatura u vremenu t / °C

Vrijednosti trajanja stadija pri određenim temperaturama uzete su kao *e* parametar dvoparametarske logističke funkcije, pomoću koje je izračunata vjerojatnost prelaska iz jednog gonotropnog ciklusa u slijedeći gonotropni ciklus (3.18.). Za *b* parametar dvo-parametarske logističke funkcije uzeta je ista vrijednost kao i ona dobivena pri prilagođavanju eksperimentalnih podataka (*b*=-5,56).

(3.18.) 
$$P_{i,GC}(t) = \frac{1}{1 + e^{-5.56(\ln(S_{AD}(t)) - \ln(TS_{GC}(t)))}}$$

Gdje je:

$Pi,_{GC}(t)$	vjerojatnost prelaska u slijedeći gonotropni ciklus u vremenu t
$S_{AD}(t)$	starost adultne jedinke s obzirom na trenutni gonotropni ciklus u vremenu t / [dan]
$TS_{GC}(t)$	trajanje gonotropnog ciklusa u vremenu t / [dan]

Kako postoji granična temperatura ispod koje se metabolizam adultnih ženki usporava, te one ne probavljaju krv i jajašca ne sazrijevaju (8°C), ispod te temperature trajanje ciklusa je jednako nuli, odnosno, adultne jedinke ne prolaze kroz gonotropne cikluse. (Slika 3.17). Vjerojatnosti prelaska adultnih ženki u slijedeći gonotropni ciklus pri različitim srednjim dnevnim temperaturama prikazane su na Slika 3.18.

Kako je minimalno trajanje nuliparnog ciklusa 3 dana, a maksimalno 8 dana, vjerojatnosti prelaska nuliparnih ženki u slijedeći stadij u kojem se razmnožavaju, su iste kao i za odrasle ženke.



Slika 3.17. Modelirani podaci vremena trajanja gonotropnog ciklusa pri određenim temperaturama (Weibull funkcija), i usporedba s eksperimentalnim podacima. 8°C je granična temperatura ispod koje nema odraslih.



*Slika 3.18. Vjerojatnost (Pi) prelaska adultne jedinke određene starosti u slijedeći gonotropni ciklus pri različitim srednjim dnevnim temperaturama.* 

# 3.1.4. Modeliranje fekunditeta

Fekunditet ženki mijenja se tijekom godine (Sichinava, 1978) i tijekom svakog gonotropnog ciklusa (Slika 3.19). Tijekom svakog slijedećeg gonotropnog ciklusa fertilitet ženki obično se smanjuje (Rouband, 1944). Pri modeliranju fertiliteta tijekom godine korišteni su literaturni podaci (Tablica 3.26).



Slika 3.19. a) Prosječan broj jaja po ženki tijekom godine (podaci: Sichinava, 1978); b) Usporedba promjene fekunditeta kod dvije ženke Culex pipiens tijekom gonotropnih ciklusa (podaci: Rouband, 1944).

Mjesec	Prosječan broj jaja po ženki	
3	164	±12
4	158	±09
5	267	±07
6	270	±11
7	248	±13
8	223	±11
9	171	±15
10	142	±14
11	114	±07

Tablica 3.26. Prosječan broj jaja u "raftu"; podaci (Sichinava, 1978).

Eksperimentalni podaci fekunditeta prilagođavani su četiri-parametarskom logističkom funkcijom i četiri-parametarskom Brain-Cousens funkcijom (Slika 3.20). Kako je četiri-parametarska Brain-Cousens funkcija imala bolju korelaciju s eksperimentalnim podacima ta funkcija korištena je u modelu za izračunavanje vrijednosti fertiliteta tijekom godine (3.19.) (Tablica 3.27). Parametri Brain-Cousensove funkcije dobiveni prilagođavanjem eksperimentalnim podacima iznose b = 6,49, c = 81,13, d =23,61, *e* = 216,73, *f* = 1,66.

(3.19.) 
$$Fec(t) = 81.13 + \frac{-57.52 + 1.67rbd}{1 + e^{6.49(\ln(rbd) - \ln(216.72))}}$$

Gdje je:

rbd

fekunditet ženki u vremenu t Fec(t) redni broj dana u godini 300 LL.4 () BC.4 () Eksperimentalni podaci 250 Prosječan broj jaja po ženki (fekunditet) 200 150 100 50 0 50 250 0 100 150 200 300 350 Redni broj dana u godini

Slika 3.20. Teorijske vrijednosti trajanja gonotropnog ciklusa u ovisnosti o temperaturi izračunate četiri parametarskom logističkom funkcijom i četiri parametarskom Brain-Cousens funkcijom.

Redni broj dana u godini	TV (LL4)	TV (BC.4) <sup>◆</sup>	Eksperimentalni podaci
74	222.38	145.50	164
105	222.38	200.65	158
135	222.38	239.17	267
166	222.35	262.91	270
196	221.87	254.28	248
227	215.39	221.88	223
258	177.69	179.61	171
288	133.03	140.47	142
319	119.55	107.00	114
KORELACIJA:			
r =	0.7235	0.93923	
$r^2 =$	0.5235	0.88216	

\* Teorijska vrijednost s najboljim koeficijentom korelacije za fekunditet.

Kako se fekunditet mijenja i sa svakim gonotropnim ciklusom, iz literaturnih podataka izračunati su omjeri fekunditeta s obzirom na broj jaja u prvom gonotropnom ciklusu (Tablica 3.28). Omjer se izračunava u odnosu na prvi gonotropni ciklus, budući da literaturni podacima obično sadrže broj položenih jajašaca u prvom gonotropnom ciklusu. Iz omjera je vidljivo da ženke polažu najmanji broj jajašaca u prvom gonotropnom ciklusu i da se taj broj povećava u narednim ciklusima, osim u zadnjem, kada ženke polažu najmanji broj jajašaca.

Tablica 3.28. Fekunditet po gonotropnim ciklusima i omjer položenih broja jaja u odnosu na prvi gonotropni ciklus.

Broj gonotropnog ciklusa	Fekunditet	Omjeri fekunditeta
1	82	1
2	204	2,488
3	107	1,305
4	102	1,244
5	76	0,927

# 3.1.5. Modeliranje utjecaja gustoće populacije

Ovisnost o gustoći kod populacije komaraca prisutna je u ličinačkim stadijima (Juliano, 2007; Reisen i sur., 1984). Kompeticija ovisna o gustoći među ličinkama komaraca vrlo je važan faktor koji regulira rast populacije komaraca (Agnew i sur., 2000).

Kako bi opisali ovaj utjecaj gustoće koji je prisutan samo u ličinačkim stadijima, u parametar koji opisuje utjecaj gustoće na populaciju komaraca q(t), zbrajane su samo ličinke u vremenskom trenutku t. Parametar q stoga je opisan izrazom (3.20.).

$$q(t) = 1 + \frac{\lambda(t) - 1}{K} \sum n_{LAR}(t)$$

(3.20.)

Gdje je:

q(t) parametar jačine utjecaja gustoće na populaciju u vremenu t

 $\lambda(t)$  konačna stopa rasta populacije u vremenu t

*K* kapacitet okoliša

 $n_{LAR}$  broj ličinki svih starosnih razreda u vremenu t

Iz jednadžbe je vidljivo da jačinu učinka gustoće u svakom trenutku definira brojnost populacije ličinki. Kako bi izbjegli složene matrične izračune u pisanju programskog koda, parametar gustoće q(t) nije stavljan u matricu **Q** kao što je ranije opisano, već je cijeli populacijski vektor **N**(*t*) u svakom projekcijskom intervalu pomnožen s recipročnom vrijednosti parametra q(t), što daje identičan rezultat kao i onaj ranije opisan.

$$N(t+1) = L(t)N(t)$$
$$N(t+1)q^{-1}(t)$$

Gdje je:

$\mathbf{N}(t)$	ukupan broj jedinki u vremenskom intervalu (t)
N( <i>t</i> +1)	ukupan broj jedinki u vremenskom intervalu (t+1)
L	projekcijska matrica
$q^{-1}(t)$	recipročna vrijednost parametra $q$ u vremenu $t$

# 3.2. Konstruiranje 3D projekcijske matrice

Kako se parametri projekcijske matrice mijenjaju svakodnevno, ovisno o brojnim okolišnim čimbenicima, izrađena je projekcijska matrica za svaki dan u godini, s pripadajućim parametrima koji odgovaraju trenutnim okolišnim uvjetima u periodu jednog dana. Projekcijske matrice spojene su zatim u trodimenzionalnu hipermatricu dimenzija 99x99x365.

#### 3.2.1. Algoritam sastavljanja trodimenzionalne projekcijske hipermatrice

#### 3.2.1.1. Stadij jajašca

Brzina izlijeganja jajašaca pod utjecajem je temperature. U prvom koraku izračunato je trajanje stadija jajašca s obzirom na srednju dnevnu temperaturu, a te su vrijednosti zatim korištene za izračunavanje vjerojatnosti izlijeganja jajašaca određene starosti pri određenim temperaturama za svaki dan u godini. Te vrijednosti ubačene su u trodimenzionalnu projekcijsku matricu.

#### 3.2.1.2. Stadij ličinke

Trajanje ličinačkih stadija pod utjecajem je temperature. U prvom koraku izračunato je trajanje ličinačkih stadija s obzirom na srednju dnevnu temperaturu, a te su vrijednosti zatim korištene za izračunavanje vjerojatnosti sazrijevanja ličinki određene starosti pri određenim temperaturama za svaki dan u godini. Te vrijednosti ubačene su zatim u trodimenzionalnu projekcijsku matricu.

#### 3.2.1.3. Stadij kukuljice

Trajanje stadija kukuljice pod utjecajem je temperature. U prvom koraku izračunato je trajanje stadija kukuljice s obzirom na srednju dnevnu temperaturu, a te su vrijednosti zatim korištene za izračunavanje vjerojatnosti sazrijevanja kukuljice određene starosti pri određenim temperaturama za svaki dan u godini. Te vrijednosti ubačene su zatim u trodimenzionalnu projekcijsku matricu.

#### 3.2.1.4. Adultni stadij

Trajanje gonotropnih i nuliparnog ciklusa pod utjecajem je temperature. U prvom koraku izračunato je trajanje gonotropnog ciklusa obzirom na srednju dnevnu temperaturu, a te su vrijednosti zatim korištene za izračunavanje vjerojatnosti prelaska iz jednog u slijedeći gonotropni ciklus pri određenim temperaturama za svaki dan u godini. Te vrijednosti ubačene su zatim u trodimenzionalnu projekcijsku matricu.

# 3.3. Opis modeliranih utjecaja

Matričnim populacijskim modelima analizirane su populacije komarca *Culex pipiens* i *Aedes vexans*. Kako bi model bio što realniji u opisu populacije komaraca pri njegovoj konstrukciji korišteni su literaturni podaci koji su zatim uvršteni u model. U model su uključeni svi okolišni parametri bitni za dinamiku promatranih vrsta komaraca. Najznačajniji faktori koji određuju dinamiku populacija komaraca su temperatura okoliša, fotoperiod te kišna razdoblja. Osim ovih parametara, na vrstu *Aedes vexans* utječe i dinamika plavljenja okolnog područja, pa je u model ovog komarca uključen i utjecaj promjena vodostaja Dunava i Drave, odnosno promjene intenziteta plavljenja.

# 3.3.1. Utjecaj temperature

Razvoj obje vrste komaraca pod primarnim je utjecajem temperature okoliša. Na nižim temperaturama razvoj traje dulje, a s povišenjem temperature vrijeme razvoja se skraćuje. Optimalne temperature pri kojima je trajanje svih stadija najkraće, odnosno pri kojim je razvoj najbrži su u rasponu 25-30°C.

U ovom modelu za modeliranje utjecaja temperature na populaciju komaraca korištene su srednje dnevne temperature za grad Osijek u razdoblju od 2005. do 2015. U prvom koraku pomoću prilagođenih funkcija za svaki pojedini stadij izračunato je trajanje stadija za svaki dan u godini, s obzirom na srednju dnevnu temperaturu. Taj izračunati parametar trajanja stadija pri određenoj srednjoj dnevnoj temperaturi uzet je kao *e* parametar logističke funkcije kojom su modelirane vjerojatnosti prelaska u slijedeći stadij. Budući da je u literaturi najčešće navedeno trajanje pojedinog stadija s obzirom na temperaturu, bez podataka o tome koliki dio populacije zapravo prelazi u naredni stadij, pretpostavljeno je da je to vrijednost pri kojoj 50% populacije prelazi u slijedeći stadij, odnosno EC<sub>50</sub> vrijednost ili *e* parametar logističke funkcije.

Vjerojatnosti (Pi) prelaska iz stadija i u stadij i+1 nalaze se u rasponu vrijednosti 0-1 pa je za modeliranje vjerojatnosti korištena dvo-parametarska logistička funkcija, čija je gornja asimptota jednaka 1, a donja jednaka 0. Kao nagib funkcije, odnosno kao b parametar funkcije korištena je ista vrijednost tog parametra dobivena prilagođavanjem eksperimentalnih podataka.

Kako postoji granična vrijednost temperature ispod koje se nikakav razvoj ne događa, uveden je parametar granične temperature koji prema literaturnim podacima iznosi 8°C. Tim parametrom regulirana je pojavnost pojedinih razvojnih stadija u određenom periodu godine, kada su srednje dnevne temperature ispod granične vrijednosti.

# 3.3.2. Utjecaj fotoperioda

Na razvoj obje vrste komaraca znatan utjecaj ima duljina trajanja dana odnosno fotoperiod. Trajanje dnevnog svjetla na 45° sjeverne geografske širine prikazano je na Slika 3.21 Kod obje vrste komaraca postoji kritična vrijednost fotoperioda, ispod koje određeni stadiji ugibaju, a ostali se zadržavaju u stadiju.

Skraćivanjem fotoperioda kod adultnih ženki *Culex pipiens* inducira se stanje dijapauze. Tijekom zimskog razdoblja kod ove vrste *širine (Osijek 45° N, 18° E)*. prezimljavaju adultne parene ženke. Kritičan



Slika 3.21. Fotoperiod na području 45° sjeverne geografske širine (Osijek 45° N, 18° E).

fotoperiod, odnosno vrijeme trajanja dnevnog svijetla pri kojem sve odrasle ženke ulaze u dijapauzu postavljen je u modelu na 10 sati. Ukoliko je fotoperiod ispod kritične vrijednosti, sve odrasle ženke

ostaju u stadijima u kojima se trenutno nalaze i ne razmnožavaju se. Za sve ostale stadije vjerojatnosti prelaska kroz stadije, kao i vjerojatnosti zadržavanja u stadiju su jednake nuli. Fekunditet je također nula.

Vrsta *Aedes vexans* prezimljava u obliku jajašaca. Kada je fotoperiod kraći od 10 sati jajašca se ne izliježu, a svi ostali stadiji ugibaju. Vjerojatnosti prelaska kroz stadije, kao i vjerojatnosti zadržavanja u stadiju, za sve osim jajašaca su jednake nuli.

# 3.3.3. Utjecaj kiše

Kiša ima značajan utjecaj na vrstu komaraca *Culex pipiens*. Ova vrsta jajašca poliježe na bilo koju, najčešće umjetnu vodenu površinu, pa je i sama dinamika polijeganja jajašca primarno uzrokovana kišom. Utjecaj kiše može biti dvojak: primarno je povezan s fekunditetom koji se mijenja u ovisnosti o kiši, odnosno količini dostupnih staništa za polijeganje jajašaca. Povećanjem frekvencije kiše povećava se i broj polegnutih jajašaca. Međutim u ovoj disertaciji razmatran je i utjecaj kiše na kapacitet okoliša za vrstu *Culex pipens*. Ova vrsta komaraca kojoj su primarna staništa gradska područja jajašca poliježe u umjetna staništa – vaze, kante, burad, gume od automobila itd. One jedinke koje se nalaze izvan gradskih područja jajašca poliježu u npr. melioracijske kanale ili druge tipove umjetnih kanala. Stoga su formulirana dva tipa modela vrste *Culex pipiens* – model u kojem je kapacitet okoliša za ovu vrstu konstantan i drugi tip modela u kojem se kapacitet okoliša mijenja u ovisnosti o frekvenciji kiše. Kapacitet okoliša uveden je samo za stadij ličinke.

#### Utjecaj kiše na fekunditet vrste Culex pipiens

Primarni utjecaj kiše je na fekunditet vrste *Culex pipens* i on je u oba tipa modela modeliran na jednak način. U prvom koraku je izračunat faktor kiše (3.21.):

$$(3.21.) r_f = \left(\sum_{t}^{t-8} r_d\right) \cdot rtp$$

Gdje je:

rffaktor kišerdbroj kišnih danartpfaktor utjecaja kiše

Faktor kiše uzima u obzir broj kišnih dana unazad 8 dana. *Rtp* je faktor koji određuje jačinu utjecaja kiše na populaciju komaraca. Kako kiša primarno utječe na fekunditet on je modeliran na slijedeći način (3.22.):

$$Fec(t) = Fec(t) \frac{r_f}{10} + rrf$$

Gdje je:

Fec(t) fekunditet u vremenu t

rf faktor kiše

rrf zaostajni faktor, "remaining rain factor"

Zaostajni faktor kiše predstavlja zaostajni fekunditet kroz gonotropni ciklus. U modelu jedinke se razmnožavaju samo na početku svakog gonotropnog ciklusa. Ovaj faktor predstavlja fekunditet tijekom trajanja cijelog gonotropnog ciklusa.

#### Utjecaj kiše na kapacitet okoliša za vrstu Culex pipiens

Slika 3.22. Promjene koeficijenta kapaciteta okoliša u ovisnosti o broju kišnih dana.

U tipu modela s promjenjivim kapacitetom okoliša u prvom koraku je za svaki projekcijski interval (dan) izračunat koeficijent kapaciteta okoliša u ovisnosti o broju kišnih dana unazad 8 dana (izraz (3.23.) i Slika 3.22):

(3.23.)

$$K_{rf}(t) = 1 - e^{\left(-\sum_{t}^{n_{RD}}\right)}$$

Gdje je:

 $K_{rf}$  koeficijent kapaciteta okoliša u vremenu t $n_{RD}$  broj dana s kišom

Kapacitet okoliša za ličinke za svaki projekciji interval izračunavat je po izrazu (3.24.):

(3.24.)  $K_{LA}(t) = K_{LA(\max)}K_{rf}(t) + K_{LA(\min)}$ 

Gdje je:

K <sub>LA(max)</sub>	maksimalni kapacitet okoliša za ličinke
K <sub>rf</sub>	koeficijent kapaciteta okoliša
$K_{LA(min)}$	minimalni kapacitet okoliša za ličinke

#### 3.3.4. Utjecaj plavljenja na vrstu komaraca Aedes vexans

Jajašca vrste *Aedes vexans* izliježu se na vrlo karakterističan način. Jajašca se ne izliježu ukoliko proces embriogeneze nije završen iako su poplavljena, a u slučaju nepovoljnih uvjeta ulaze u stanje dormancije u kojem mogu ostati i do nekoliko godina. Dakle, unutar jedne sezone izliježu se jajašca od proteklih nekoliko godina, što ovisi o intenzitetu plavljenja, odnosno veličini poplavljenog područja. Kritična vrijednost visine vodostaja Dunava pri kojem dolazi do plavljenja je 200 cm (Mjerna postaja: Batina), a kritična vrijednost visine vodostaja Drave pri kojem dolazi do plavljenja je 300 cm (Mjerna postaja: Donji Miholjac).

Dinamika plavljenja područja Kopačkog Rita i ostalih poplavnih područja u blizini grada Osijeka ovisi primarno o Dunavu, a manjim dijelom o rijeci Dravi. Za modeliranje utjecaja plavljenja na izlijeganje jajašca korišten je vodostaj rijeke Dunav (mjerna postaja: Batina) i vodostaj rijeke Drave (Mjerna postaja: Donji Miholjac). Povećanjem poplavljenog područja povećava se broj jajašaca koji ulaze u sustav i koja će se zatim izleći. Broj jajašaca u vremenu *t*, u ovisnosti o vodostaju Dunava računat je prema kvadratnoj funkciji (3.25.), broj jajašaca u ovisnosti o vodostaju Drave računat je prema četiriparametarskoj logističkoj funkciji (3.26)

$$N_{EGG-DU}(t) = 0.0264 vod_{Du}(t)^{2} + 9.4311 vod_{Du}(t) - 80.128$$

(3.26.)

$$N_{EGG_DR}(t) = 11.805 + \frac{5095.28 - 11.805}{1 + e^{-6.135(\ln(vod_{Dr}(t) - \ln(308.547)))}}$$



Gdje je:	
$N_{EGG_DU}(t)$	broj jajašaca koja ulaze u sustav predikcijskog vektora u vremenu t zbog plavljenja
	Dunava
$N_{EGG\_DR}(t)$	broj jajašaca porijeklom iz Drave koja ulaze u sustav predikcijskog vektora u vremenu $t$
	zbog plavljenja Drave
$vod_{Du}(t)$	vodostaj Dunava u vremenu t / cm
$vod_{Dr}(t)$	vodostaj Drave u vremenu t / cm

Broj jajašaca u vremenu (t) koja su preplavljena zbog porasta vodostaja Dunava i Drave ubacuju se u vektor predikcija brojnosti stadija jajašca prilikom svake iteracije.

Povećanjem poplavljenog područja povećava se i kapacitet okoliša za ličinke. Promjenjivi kapacitet okoliša modeliran je tako da se zadana vrijednost kapaciteta okoliša množi s koeficijentom kapaciteta ( $K_{pop}$ ), koji ovisi o vodostaju Dunava i o vodostaju Drave. Koeficijenti kapaciteta okoliša izračunavati su prema izrazu(3.27.) i (3.28):

(3.27.) 
$$K_{pop_Du}(t) = 1 + 0.4391e^{0.005 \cdot vod_{Du}(t)}$$

(3.28.) 
$$K_{pop_Dr}(t) = 1.294 + \frac{10.405 - 1.294}{1 + e^{11.913 \cdot \ln(vod_{Dr}(t) - \ln(432.69))}}$$

Gdje:

$K_{pop\_Du}(t)$	koeficijent kapaciteta okoliša zbog utjecaja rijeke Dunav
$K_{pop\_Dr}(t)$	koeficijent kapaciteta okoliša zbog utjecaja rijeke Drave
$vod_{Du}(t)$	vodostaj Dunava u vremenu t / cm
$vod_{Dr}(t)$	vodostaj Drave u vremenu $t / cm$

Kapacitet okoliša za vrstu Aedes vexans je promjenjiv, a izračunava se prema izrazu (3.29).

(3.29.)

$$K(t) = K_{Du} \cdot K_{pop\_Du}(t) + K_{Dr} \cdot K_{pop\_Dr}$$

Gdje je:

K(t) kapacitet okoliša u vremenu t

*K*<sub>Du</sub> početni kapacitet okoliša (Dunav)

 $K_{Dr}$  početni kapacitet okoliša (Drava)

 $K_{pop_Du}$  koeficijent kapaciteta okoliša u vremenu t (Dunav)

 $K_{pop_Dr}$  koeficijent kapaciteta okoliša u vremenu t (Drava)



Slika 3.23. Shematski prikaz promjene kapaciteta okoliša uslijed promjene vodostaja Dunava.

# 3.4. Parametri dinamike populacije

Kako bi se okarakterizirala dinamika populacija komaraca *Aedes vexans* i *Culex pipiens* definirani su parametri populacijski parametri za različite vremenske intervale tijekom jedanaestogodišnjeg razdoblja.

Ukupno godišnje opterećenje populacijom (*TPL*) – predstavlja ukupni broj jedinki svih razvojnih stadija prisutnih u definiranom vremenskom intervalu s obzirom na ekološko-klimatske uvjete prisutne u gradu Osijeku u simuliranoj godini. Ukupno opterećenje populacijom dano je izrazom (3.29.): (3.29.) t+n

$$TPL = \sum_{t=1}^{t+n} N_{(E,L,P,A)}(t)$$

Gdje je:

*t* vrijeme (broj dana u godini)

*N*<sub>(*E*,*L*,*P*,*A*)</sub> broj jedinki pojedinog razvojnog stadija (E-jajašca, L-ličinke, P-kukuljice, A-odrasle jedinke)

Ukupno opterećenje odraslim jedinkama ( $TPL_A$ ) – predstavlja ukupan broj odraslih jedinki prisutnih u definiranom vremenskom intervalu s obzirom na ekološko-klimatske uvjete prisutne u gradu Osijeku u simuliranoj godini. Ukupno opterećenje odraslom populacijom dano je izrazom (3.30.):

(3.30.) 
$$TPL_A = \sum_{t=1}^{t+n} N_A(t)$$

Gdje je:

tvrijeme (broj dana u godini)N<sub>A</sub>broj odraslih jedinki prisutnih u vremenu t

**Ukupno opterećenje kukuljicama** ( $TPL_P$ ) – predstavlja ukupan broj kukuljica prisutnih u definiranom vremenskom intervalu s obzirom na ekološko-klimatske uvjete prisutne u gradu Osijeku u simuliranoj godini. Ukupno opterećenje kukuljicama dano je izrazom (3.31.):

(3.31.) 
$$TPL_{P} = \sum_{t=1}^{t+n} N_{P}(t)$$

Gdje je:

tvrijeme (broj dana u godini)NPbroj kukuljica prisutnih u vremenu t

Ukupno opterećenje ličinkama  $(TPL_L)$  – predstavlja ukupan broj ličinki prisutnih u definiranom vremenskom intervalu s obzirom na ekološko-klimatske uvjete prisutne u gradu Osijeku u simuliranoj godini. Ukupno opterećenje ličinkama dano je izrazom (3.32.):

(3.32.) 
$$TPL_{L} = \sum_{t=1}^{t+n} N_{L}(t)$$

Gdje je:

Ukupno opterećenje jajašcima  $(TPL_E)$  – predstavlja ukupan broj jajašaca prisutnih u definiranom vremenskom intervalu s obzirom na ekološko-klimatske uvjete prisutne u gradu Osijeku u simuliranoj godini. Ukupno opterećenje jajašcima dano je izrazom (3.33.):

t

(3.33.) 
$$TPL_E = \sum_{t=1}^{t+n} N_E(t)$$

Gdje je:

t	vrijeme (broj dana u godini)
$N_E$	broj jajašaca prisutnih u vremenu t

Kako bi se opisano intenzitet rasta populacije izračunat je prirast broja jedinki između dva vremenska intervala, odnosno diferencija koja je dana općim izrazom (3.34.):

(3.34.)

$$D(t) = \frac{N_{t+1} - N_t}{(t+1) - t}$$

Gdje je:

N broj jedinki

*t* vrijeme (broj dana u godini)

Diferencije su izračunavate za svaki stadij pojedinačno, a analizirane su na godišnjoj razini, na razini tromjesečja te na mjesečnoj razini za svaki razvojni stadij.

Nakon što je izračunata diferencija određeni su vremenski intervali u kojima je diferencija pozitivna i vremenski intervali u kojima je diferencija negativna te su definirana dva nova parametra: indeks intenziteta rasta populacije (*PGI*) i indeks potencijala rasta populacije (*PGP*).

Indeks intenziteta rasta populacije (*PGI*) predstavlja apsolutnu vrijednost omjera zbroja svih pozitivnih i svih negativnih diferencija tijekom proizvoljno definiranog vremenskog intervala (godine, tromjesečja, mjeseca) i dan je izrazom (3.35.):

(3.35.) 
$$PGI = \frac{\left|\sum_{t=1}^{t+n} {}^{+}D(t)\right|}{\left|\sum_{t=1}^{t+n} {}^{-}D(t)\right|}$$

Indeks potencijala rasta populacije (PGP) predstavlja omjer broja dana u promatranom periodu kada je diferencija pozitivna i broja dana kada je diferencija negativna, te je dana izrazom (3.36.):

(3.36.) 
$$PGP = \frac{\sum_{t=1}^{t+n} t}{\sum_{t=1}^{t+n} t}$$

Indeksi intenziteta rasta populacije (*PGI*) i potencijala rasta populacije (*PGP*) izračunavati su za svaku godinu, te unutar svake godine na razini tromjesečja i na mjesečnoj razini, pojedinačno za svaki razvojni stadij.

# 3.5. Simulacije promjene abiotičkih čimbenika za jedanaestogodišnje razdoblje (2005.-2015.) za vrste *Aedes vexans* i *Culex pipiens*

# 3.5.1. Simulacija promjene srednjih dnevnih temperatura

Simulacije promjene srednjih dnevnih temperatura izrađene su za period od 2005. do 2015. godine. Temperatura okoliša je jedan od najvažnijih okolišnih čimbenika koji utječu na dinamiku razvoja i vjerojatnosti prijelaza kroz razvojne stadije kod obiju modeliranih populacija komaraca. Osnovna svrha ovih simulacija je determinirati odgovor pojedine vrste komaraca na promjene temperature koja se događa u različitim periodima godine – tijekom cijele godine, tijekom perioda sezone i izvan perioda sezone. Također, istraživan je i utjecaj varijabilnosti promjene srednjih dnevnih temperatura u različitim periodima godine. Za obje modelirane vrste komaraca (*Aedes vexans* te *Culex pipiens* - model s konstantnim kapacitetom okoliša i *Culex pipiens* s promjenjivim kapacitetom okoliša) simulirano je 6 različitih scenarija promjene srednjih dnevnih temperatura.

#### Simulacija 1

U Simulaciji 1 simulirana je linearna promjena srednje godišnje temperature u intervalima: -3°C, -2°C, -1°C, 1°C, 2°C i 3°C, što podrazumijeva da se svaki dan u simuliranoj godini srednja dnevna temperatura pojedinog dana u godini uvećava ili umanjuje za simulirani interval u odnosu na stvarnu srednju dnevnu temperaturu izmjerenu u godini za koju se izvodi simulacija.

# Simulacija 2

U Simulaciji 2 simulirana je linearna promjena srednje sezonske temperature u intervalima: -3°C, -2°C, -1°C, 1°C, 2°C i 3°C. Sezona podrazumijeva period od 1. lipnja do 31. kolovoza. U periodu sezone, srednja dnevna temperatura u simulaciji za svaku godinu se umanjuje ili uvećava za simulirani interval u odnosu na stvarnu srednju dnevnu temperaturu izmjerenu u godini za koju se izvodi simulacija.

#### Simulacija 3

U Simulaciji 3 simulirane su linearne promjene srednjih dnevnih temperatura u periodu predsezone i post sezone u intervalima: -3°C, -2°C, -1°C, 1°C, 2°C i 3°C. Razdoblje predsezone podrazumijeva period od 1. siječnja do 31. svibnja, a period post sezone razdoblje od 1. rujna do 31. prosinca. Tijekom navedenih perioda srednja dnevna temperatura se uvećava ili umanjuje za simulirani interval u odnosu na stvarnu srednju dnevnu temperaturu izmjerenu u godini za koju se izvodi simulacija.

#### Simulacija 4

Simulacija 4 je složena simulacija u kojoj su istraživani utjecaji randomizirane promjene srednjih godišnjih temperatura te varijabilnost promjene temperatura. Simulirane su randomizirane promjene srednjih dnevnih temperatura (na godišnjoj razini) u intervalima: -3°C, -2°C, -1°C, 1°C, 2°C i 3°C i sa standardnim devijacijama temperature od 10%, 20%, 50%, 100% i 200% srednje vrijednosti intervala promjene srednje dnevne temperature. U prvom koraku generirani su randomizirani intervali promjene srednjih dnevnih temperatura iz normalne distribucije (npr.  $\mu$ =1°C i  $\sigma$ =0.1 $\mu$ ). Tijekom simulacija izmjerene dnevne vrijednosti srednjih dnevnih temperatura u pojedinim godinama uvećavale su se ili umanjivale za generirane randomizirane intervale promjene temperature ovisno o simulaciji. Dakle, u pojedinoj podsimulaciji npr.  $\Delta$ T= $\mu$ =3°C i  $\sigma$ =0.1 $\mu$  na godišnjoj razini mjerio bi se prosječni porast srednje godišnje temperature od 3°C±0.3°C.

#### Simulacija 5

Simulacija 5 je također složena simulacija u kojoj su simulirane randomizirane promjene srednjih dnevnih temperatura u periodu sezone. Sezona podrazumijeva period od 1. lipnja do 31. kolovoza. Simulirane su promjene srednje dnevne temperature u intervalima od  $-3^{\circ}$ C,  $-2^{\circ}$ C,  $-1^{\circ}$ C,  $1^{\circ}$ C,  $2^{\circ}$ C i  $3^{\circ}$ C sa standardnim devijacijama od 10%, 20%, 50%, 100% i 200% srednje vrijednosti intervala promjene srednje dnevne temperature. U prvom koraku generirani su randomizirani intervali promjene srednjih dnevnih temperatura iz normalne distribucije (npr.  $\mu$ =1°C i  $\sigma$ =0.1 $\mu$ ). Tijekom simulacija izmjerene srednje dnevne temperature u pojedinim godinama uvećavale su se ili umanjivale za generirane randomizirane intervale promjene temperature u periodu sezone ovisno o simulaciji. Dakle, u pojedinoj podsimulaciji npr.  $\Delta$ T= $\mu$ =3°C i  $\sigma$ =0.1 $\mu$ µ u periodu sezone mjerio bi se prosječni porast srednje temperature od 3°C±0.3°C.

#### Simulacija 6

Simulacija 6 je složena simulacija u kojoj je simulirana je randomiziorana promjena srednjih dnevnih temperatura u predsezonskim i postsezonskom razdoblju. Period pred-sezone podrazumijeva period od 1. siječnja do 31. svibnja, a period post-sezone razdoblje od 1. rujna do 31. prosinca. Simulirane su promjene srednjih dnevnih temperatura u intervalima:  $-3^{\circ}$ C,  $-2^{\circ}$ C,  $-1^{\circ}$ C,  $1^{\circ}$ C,  $2^{\circ}$ C i  $3^{\circ}$ C sa standardnim devijacijama od 10%, 20%, 50%, 100% i 200% srednje vrijednosti intervala promjene srednje dnevne temperature. U prvom koraku generirani su randomizirani intervali promjene srednjih dnevnih temperatura iz normalne distribucije (npr.  $\mu$ =1°C i  $\sigma$ =0.1 $\mu$ ). Tijekom simulacija izmjerene srednje dnevne temperature u pojedinim godinama uvećavale su se ili umanjivale za generirane randomizirane intervale promjene temperature u periodu pred- ili post-sezone ovisno o simulaciji. Dakle, u pojedinoj podsimulaciji npr.  $\Delta$ T= $\mu$ =3°C i  $\sigma$ =0.1 $\mu$  u navedenim periodima mjerio bi se prosječni porast srednje temperature od 3°C±0.3°C.

Poseban problem prilikom izvođenja simulacija je pohrana i organizacija velikog broja podataka. Svi podaci nakon izvršenih simulacija organizirani su 5-dimenzionalnu matricu dimenzija: 18 x 365 x 11 x 4 x 6. Prva dimenzija (redovi) = 18, odgovara pojedinoj vrsti simulacije; druga dimenzija (kolone) = 365 odgovara rednom broju dana u godini; treća dimenzija =11, odgovara godini simulacije (2005. do 2015.; 1=2005.; 2=2006.; 3=2007.....11=2015.); četvrta dimenzija = 4 odgovara pojedinom razvojnom stadiju (1 = jajašca, 2 = ličinke, 3 = kukuljice i 4 = odrasle jedinke) i peta dimenzija = 6, odgovara simuliranoj promjeni temperature (1 = 1°C, 2 = 2°C, 3 = 3°C, 4 = -1°C, 5 = -2°C, 6 = -3°C). Shematski prikaz organizacije podataka dan je na Slici 3.24.



Slika 3.24. Shematski prikaz organizacije podataka simulacija promjene temperatura. Podaci simulacija za svaku vrstu komaraca (Aedes vexans i Culex pipiens) spremljeni su u zasebnu višedimenzionalnu matricu.

3.5.2. Simulacije promjene režima intenziteta plavljenja Dunava i Drave za vrstu Aedes vexans

Kako bi se istražio utjecaj promjene režima plavljenja rijeke Dunav i rijeke Drave na dinamiku vrste komaraca *Aedes vexans* simulirano je 6 različitih scenarija promjene režima plavljenja. U prve tri simulacije istraživan je istraživan utjecaj linearne promjene vodostaja koji se događa u različitim periodima godine – tijekom cijele godine, tijekom perioda reproduktivne sezone te izvan perioda sezone. U preostale tri simulacije istraživan je utjecaj randomiziranih promjena vodostaja te utjecaj varijabilnosti promjene vodostaja na dinamiku populacije komaraca. Simulacije promjene vodostaja su izrađene samo za vrstu *Aedes vexans* budući da je dinamika populacije ove vrste komaraca primarno uzrokovana procesima plavljenja. Režim plavljenja nema utjecaja na dinamiku populacije komaraca *Culex pipiens*. Simulacije su izrađene za razdoblje od 2005. do 2015. godine. Za rijeku Dunav korišteni su podaci vodostaja sa mjerene postaje Batina, a za rijeku Drave podaci sa mjerne postaje Donji Miholjac.

#### Simulacija 1

U Simulaciji 1 simulirana je linearna promjena intenziteta plavljenja Dunava ili Drave na godišnjoj razini u intervalima: -50 cm, -20 cm, -10 cm, -5 cm, -2 cm, -1 cm, 1 cm, 2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm. Tijekom simulacije izmjereni vodostaj Dunava ili Drave u pojedinim godinama uvećavan ili umanjivan za interval promjene vodostaja.

#### Simulacija 2

U Simulaciji 2 simulirana je linearna promjena intenziteta plavljenja Dunava ili Drave u periodu sezone intervalu od : -50 cm, -20 cm, -10 cm, -5 cm, -2 cm, -1 cm, 1 cm, 2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm i 50 cm. Sezona podrazumijeva period od 1. lipnja do 31. kolovoza. Tijekom simulacije izmjereni vodostaj Dunava ili Drave u pojedinim godinama je uvećavan ili umanjivan za interval promjene vodostaja.

#### Simulacija 3

U Simulaciji 3 simulirana je linearna promjena intenziteta plavljenja Dunava ili Drave u periodu pred-sezone i post-sezone u intervalu od: -50 cm, -20 cm, -10 cm, -5 cm, -2 cm, -1 cm, 1 cm, 2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm i 50 cm. Predsezona podrazumijeva period od 1.siječnja do 31.svibnja, a post sezona period od 1. rujna do 31. prosinca. Tijekom simulacije izmjereni vodostaj Dunava ili Drave u pojedinim godinama uvećavan je ili umanjivan za interval promjene vodostaja.

#### Simulacija 4

U četvrtoj simulaciji simulirana je randomizirana godišnja promjena vodostaja Dunava ili Drave u intervalima od: -50 cm, -20 cm, -10 cm, -5 cm, -2 cm, -1 cm, 1 cm, 2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm. Dnevna promjena vodostaja u odnosu na stvarnu dnevnu vrijednost simulirane godine generirana je kao slučajna varijabla iz normalne distribucije sa srednjim vrijednostima u intervalima: -50 cm, -20 cm, -10 cm, -5 cm, -2 cm, -1 cm, 1 cm, 2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm i standardnim devijacijama 10%, 20%, 50%, 100% i 200% srednje vrijednosti intervala promjene vodostaja Dunava ili Drave. Tijekom simulacija izmjereni vodostaj u pojedinim godinama uvećavao bi se ili umanjivao za generirane randomizirane intervale promjene vodostaja tijekom godine ovisno o simulaciji. U pojedinoj podsimulaciji npr.  $\Delta \text{vod}_{\text{DU}}=\mu=5$ cm i  $\sigma=0.1\mu$  na godišnjoj razini mjerio bi se prosječni porast vodostaja Dunava ili Drave od 5°C±0.5 cm.

#### Simulacija 5

U Simulaciji 5 simulirana je randomizirana promjena vodostaja Dunava ili Drave u periodu sezone. Sezona podrazumijeva period od 1. lipnja do 31 kolovoza. Dnevna promjena vodostaja u odnosu na stvarnu dnevnu vrijednost u godini za koju se radi simulacija generirana je kao slučajna varijabla iz normalne distribucije sa srednjim vrijednostima u intervalima: -50 cm, -20 cm, -10 cm, -5 cm, -2 cm, -1 cm, 1 cm, 2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm i standardnim devijacijama od 10%, 20%, 50%, 100% i

200% srednje vrijednosti intervala promjene vodostaja Dunava ili Drave. Tijekom simulacija izmjereni vodostaj u periodu sezone uvećavao bi se ili umanjivao za generirane randomizirane intervale promjene vodostaja tijekom godine ovisno o simulaciji. U pojedinoj podsimulaciji npr.  $\Delta \text{vod}_{\text{DU}}=\mu=5$ cm i  $\sigma=0.1\mu$  u periodu sezone mjerio bi se prosječni porast vodostaja Dunava ili Drave od 5°C±0.5 cm.

# Simulacija 6

U šestoj simulaciji simulirana je randomizirana promjena vodostaja Dunava/Drave u periodu predsezone i postsezone. Pred-sezona podrazumijeva period od 1. siječnja do 31. svibnja, a period postsezone razdoblje od 1. rujna do 31. prosinca. Dnevna promjena vodostaja u odnosu na stvarnu dnevnu vrijednost vodostaja koja je izmjerena u godini za koju se radi simulacija generirana je kao slučajna varijabla iz normalne distribucije sa srednjim vrijednostima u intervalima: -50 cm, -20 cm, -10 cm, -5 cm, -2 cm, -1 cm, 1 cm, 2 cm, 5 cm, 10 cm, 20 cm, 50 cm i standardnim devijacijama od 10%, 20%, 50%, 100% i 200% srednje vrijednosti intervala promjene vodostaja Dunava ili Drave. Tijekom simulacija izmjereni vodostaj u periodima izvan sezone uvećavao bi se ili umanjivao za generirane randomizirane intervale promjene vodostaja ovisno o simulaciji. U pojedinoj podsimulaciji npr.  $\Delta \text{vod}_{\text{DU}}=\mu=5$ cm i  $\sigma=0.1\mu$  u periodu izvan sezone mjerio bi se prosječni porast vodostaja Dunava ili Drave od 5°C±0.5 cm.

Nakon izvedenih simulacija plavljenja dobiveni rezultati su organizirani i pohranjeni u 5dimenzionalnu matricu dimenzija: 18 x 365 x 11 x 4 x 12. Prva dimenzija (redovi) = 18, odgovara pojedinoj vrsti simulacija; druga dimenzija (kolone) = 365 odgovara rednom broju dana u godini; Treća dimenzija =11, odgovara godini simulacije (2005. do 2015.; 1=2005.; 2=2006.; 3=2007.....11=2015.); četvrta dimenzija = 4 odgovara pojedinom stadiju (1 = jajašca, 2 = ličinke, 3 = kukuljice i 4 = odrasle jedinke); Peta dimenzija = 12, odgovara simuliranoj promjeni vodostaja Dunava/Drave (1 = 1cm, 2 = 2cm, 3 = 5cm, 4 = 10cm, 5 = 20cm, 6 = 50cm; 7 = -1cm; 8 = -2cm, 9 = -5cm, 10 = -10cm; 11 = -20cm; 12 = -50cm). Shematski prikaz organizacije podataka u simulacijama promjene režima plavljenja prikazani su na Slika 3.25.



Slika 3.25. Shematski prikaz organizacije podataka simulacija promjene intenziteta plavljenja. Podaci simulacija za Dunav i Dravu spremljeni su u zasebnu višedimenzionalnu matricu.

# 3.5.3. Simulacije promjene kišnog režima za vrstu Culex pipiens

Kišni režim vrlo je važan za dinamiku populacije komaraca *Culex pipiens*, a primarno je povezan s fekunditetom. U oba modela ove vrste – modelu s konstantnim kapacitetom okoliša i modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša, fekunditet ovisi o broju kišnih dana u proteklih osam dana. U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša, kapacitet se mijenja u ovisnosti o kišnom režimu. Za oba modela ove vrste komaraca napravljeno je 5 različitih simulacija promjene kišnog režima.

# Simulacija 1

U simulaciji 1 kiša pada svaki dan u svakoj simuliranoj godini.

# Simulacija 2

U simulaciji 1 nema niti jednog kišnog dana u godini.

# Simulacija 3

U Simulaciji 3 kiša pada svaki dan tijekom perioda sezone, a u preostalom periodu godine nema kiše. Period sezone je podrazumijeva razdoblje od 1. lipnja do 31. kolovoza.

# Simulacija 4

Simulacija 4 je složena simulacija kojoj je cilj istražiti utjecaj randomizirane promjena kišnog režima kroz godinu. Simulacija uključuje randomizirano povećanje kišnog režima u odnosu na mjereni broj kišnih dana u simuliranoj godini od 10%, 20%, 50%, 100% i 200% te smanjenje broja kišnih dana u odnosu na mjereni broj kišnih dana od 10%, 20%, 50%, 100%.

# Simulacija 5

Simulacija 5 je također složena simulacija u kojoj je istraživan utjecaj randomizirane promjene kišnog režima u periodu sezone (od 1. lipnja. do 31.kolovoza). Simulirano je povećanje frekvencije kiše tijekom sezone u odnosu na mjereni broj kišnih dana tijekom sezone u simuliranoj godini od 10%, 20%, 50%,100% te smanjenje od 10%, 20%, 50%, 100%.

Nakon izvedenih simulacija podaci su organizirani i pohranjeni u 4-dimenzionalnu matricu dimenzija:  $20 \times 365 \times 11 \times 4$ . Prva dimenzija (redovi) = 20, odgovara pojedinoj vrsti simulacija; druga dimenzija (kolone) = 365 odgovara rednom broju dana u godini; treća dimenzija =11, odgovara godini simulacije (2005. do 2015.; 1=2005.; 2=2006.; 3=2007.....11=2015.); četvrta dimenzija = 4 odgovara pojedinom stadiju (1 = jajašca, 2 = ličinke, 3 = kukuljice i <math>4 = odrasle jedinke). Shematski prikaz organizacije podataka prikazan je na Slici 3.26.



Slika 3.26. Organizacija podataka u simulacijama promjene kišnog režima za vrste Culex pipiens i Aedes vexans. Podaci simulacija za svaku vrstu komaraca (Aedes vexans i Culex pipiens) spremljeni su u zasebnu višedimenzionalnu matricu.

# **3.6.** Vremensko-frekvencijska analiza dinamike populacije komaraca *Aedes vexans* i *Culex pipiens* u jedanaestogodišnjem razdoblju

U svrhu analiziranja i periodičnosti populacija komaraca dviju istraživanih vrsta u jedanaestogodišnjem razdoblju korištena je kontinuirana wavelet transformacija (CWT). CWT predstavlja umnožak signala koji se analizira sa baznom funkcijom  $\Psi(t)$  te je definirana izrazom (3.37):

$$(3.37). \qquad \qquad CWT^{\psi}_{\chi}(\tau,s) = \Psi^{\psi}_{x}(\tau,s) = \int x(t)\psi^{*}_{\tau,s}(t)dt$$

Gdje je  $\Psi$  bazna transformacijska funkcija:

$$\psi_{\tau,s} = \frac{1}{\sqrt{s}} \psi \left( \frac{t-\tau}{s} \right)$$

Transformirani signal funkcija je dviju varijabli, parametara  $\tau$  (translacija) i *s* (skala).  $\Psi(t)$  je transformacijska funkcija koja se još naziva prototipnim waveletom (eng. *mother wavelet*) iz razloga što ona služi kao prototip izvedbe svakog slijedećeg waveleta. Definicija CWT pokazuje da wavelet analiza predstavlja mjeru sličnosti između bazne funkcije (prototipnog waveleta) i signala pri definiranim parametrima  $\tau$  i *s*. Izračunati amplitudni koeficijent može se promatrati kao korelacija između signala i prototipnog waveleta pri određenoj skali – ukoliko signal sadrži komponentu frekvencije koja odgovara trenutnoj skali, tada je umnožak između bazne funkcije i signala relativno



Slika 3.27. Morletov wavelet.

velik broj. Ukoliko signal ne sadrži frekvencijsku komponentu bazne funkcije pri definiranoj skali tada je njihov umnožak relativno mali broj.

CWT započinje definiranjem prototipnog waveleta, računanjem sa s=1 te u slijedećim koracima i sa svakom vrijednošću s (s<1, s>1), uglavnom definiranog raspona, čime se postiže širenje i skupljanje wavelet funkcije koja se pomiče duž signala za udaljenost  $\tau$  u vremenu. Za prototipni wavelet u svim primijenjenim analizama odabran je Morletov wavelet koji je opisan izrazom (3.38):

(3.38.) 
$$\Psi(t) = e^{-t^2/2} \cos(5t)$$

Analogno CWT, moguće je definirati kros-spektar dvaju vremenskih serija kako bi se odredile zajedničke frekvencijske komponente. Kros-wavelet transformacija (XWT) dvaju vremenskih serija ( $x_n$ ,  $y_n$ ) definirana je kao  $W^{XY} = W^X W^{Y*}$ , gdje \* označava kompleksnu konjugaciju. Kros-wavelet snagu spektra moguće je definirati kao  $|W^{XY}|$ . Teorijska distribucija kros-wavelet snage dvaju vremenskih serija definirana je kao (Torrence i Campo, 1988) (3.39):

$$D\left(\frac{|W_n^X(s)W_n^Y*(s)|}{\sigma_X\sigma_Y} < p\right) = \frac{Z_\nu(p)}{\nu}\sqrt{P_k^X P_k^Y}$$

Gdje  $Z_{\nu}(p)$  predstavlja interval pouzdanosti povezan sa vjerojatnosti p za funkciju gustoće vjerojatnosti definiranu korijenom produkta dvaju  $\chi 2$  distribucija. Kros-wavelet snaga spektra definira područje u kojem dvije vremenske serije imaju zajedničke visoke amplitude. No, prilikom analize često je potrebno identificirati područja u kojem su dvije vremenske serije koherentne, iako imaju male

amplitude. U tu svrhu definira se koherencija waveleta dvaju vremenskih serija kao (Grinsted i sur., 2004) (3.40.):

(3.40.) 
$$R_n^2(s) = \frac{|S(s^{-1}W_n^{XY}(s))|^2}{S(s^{-1}|W_n^X(s)|^2) \cdot S(s^{-1}|W_n^Y(s)|^2}$$

Gdje je *S* funkcija izglađivanja:  $S(W)=S_s(S_t(W_n(s)))$  gdje *S*<sub>s</sub> označava funkciju izglađivanja duž osi waveleta, a *S*<sub>t</sub> izglađivanje kroz vrijeme. Definicija koherencije waveleta slična je definiciji koeficijenta determinacije, i može se promatrati kao takva.

# 3.6.1. Analiza unutar-populacijskih periodičnosti vremenskih serija po razvojnim stadijima za populacije komaraca *Culex pipiens* i *Aedes vexans*

Prilikom analize periodičnih svojstava pojedinih razvojnih stadija dvaju modeliranih vrsta komaraca, rezultati modela u jedanaestogodišnjem razdoblju promatrani su kao vremenska serija na kojoj je zatim primijenjena wavelet analiza u svrhu utvrđivanja eventualnih periodičnosti unutar godine i u jedanaestogodišnjem razdoblju.

Prilikom analize periodičnosti korišten je R paket WaveletComp i funkcija analyze.wavelet(). Ova funkcija koristi se za izračunavanje wavelet spektra snage jedne vremenske serije. Wavelet spektar snage izračunavat je primjenom Morletovog waveleta. Na Slikama 3.28 i 3.29 prikazan je primjer wavelet analize za primjer generirane vremenske serije sa dva dominantna perioda. Iz rezultata wavelet analize vidljivo je da u analiziranoj vremenskoj seriji postoje dva dominantna perioda, 30 i 100 koja su u signalu, odnosno vremenskoj seriji prisutna konstantno. Crna linija označava greben waveleta (*eng. ridge*) koji označava područja maksimalnih amplituda.



Slika 3.28. Generirana vremenska serija sa superponiranim dominantnim periodima 50 i 100.



Slika 3.29. Rezultat wavelet analize generirane vremenske serije. Na x-osi prikazana je vremenska komponenta signala odnosno vremenske serije. Na y-osi prikazani su periodi (period i frekvencija obrnuto su proporcionalni; prilikom analize bioloških podataka prikladnije je prikazivati period a ne frekvencije). Skala boja označava snagu wavelet spektra (područja visokih amplituda). Bijelom linijom označena su područja značajnosti. Crnom bojom označen je greben waveleta.

CWT je napravljena je za svaki razvoji stadij obje modelirane vrste, za svaku godinu posebno te ukupno za promatrano jedanaestogodišnje razdoblje. Cilj ove analize bio je detektirati i opisati eventualne periodičnosti u populacijama pojedinih razvojnih stadija na razini pojedine reproduktivne sezone. U drugom koraku godišnje vremenske serije razvojnih stadija spojene su u jednu vremenske seriju za jedanaestogodišnje razdoblje, te su zatim analizirane pomoću CWT.

Metoda CWT je primijenjena na okolišne varijable korištene u modelu – srednja dnevna temperatura, vodostaj Dunava i vodostaj Drave u svrhu otkrivanja eventualnih periodičnosti okolišnih varijabli u promatranom jedanaestogodišnjem razdoblju.

U drugom dijelu analize cilj je bio detektirati eventualne zajedničke periodičnosti dinamike pojedinih razvojnih stadija i okolišnih varijabli važnih za dinamiku populacija modeliranih vrsta komaraca. U tu svrhu izračunata je kros-wavelet transformacija (XWT) i zajednička koherencija (WC) između pojedinih razvojnih stadija modeliranih vrsta komaraca i okolišnih varijabli. Pri tome je korištena funkcija analyze.coherency(), također iz R paketa WaveletComp. Ova funkcija omogućuje detektiranje zajedničkih perioda dvaju vremenskih serija kao i detektiranje vodeće varijable i utvrđivanje fazne razlike između vremenskih serija. Na Slici 3.31 su prikazane dvije umjetno generirane vremenske serije sa zajedničkim periodom 128 u sredini serije. Na Slikama 3.32 i 3.33 prikazani su rezultati XWT i WC analize.

Prije daljnjeg razmatranja potrebno je razjasniti grafičke prikaze. Kao i kod klasične CWT analize na x-osi prikazano je vrijeme, a na y-osi period. Fazne strelice na grafičkom prikazu ukazuju na fazne dvaju vremenskih serija, a interpretiraju se na razlike između slijedeći način Slika 3.30): a) Za dvije vremenske serije x i y pri čemu je x nezavisna varijabla, a y zavisna varijabla, ukoliko fazne strelice pokazuju u desno dvije vremenske serije su u fazi, što znači da na jednak način fluktuiraju kroz vrijeme. b) Fazne strelice koje pokazuju ulijevo znače da vremenske serije x i y nisu u fazi. c) Fazne strelice koje pokazuju prema dolje znače da x (nezavisna varijabla) vodi y (zavisna varijabla) za 90° - ovaj slučaj čest je kod predator-plijen interakcija, kada vrlo često, povećanje abudance plijena (x) rezultira povećanjem abundance predatora (y). d) Strelice koje pokazuju prema gore potrebno je pažljivo tumačiti. One ukazuju da v predvodi x što je kontra-intuitivno, budući da zavisna varijabla predvodi nezavisnu. Međutim, ovaj slučaj može se protumačiti na način da y (zavisna varijabla) inducira promjene tijekom vremena u x (nezavisnoj varijabli). Ovaj slučaj također se javlja kod predator-plijen interakcija, kada npr. povećanje abundance plijena uzrokuje povećanje abudance predatora. No, s vremenom povećanje abundance predatora ponovno dovodi do smanjenja abudance plijena. Ovaj slučaj može se tumačiti i na način da x (nezavisna varijabla) ima utjecaj na y (zavisna varijabla) s većom vremenskom odgodom.



Slika 3.30. Fazne razlike i njihova interpretacija.

Osim strelica, na grafičkim prikazima uočava se i bjelkasti konus uz rubove prikaza, tzv. konus utjecaja (*eng. cone of influence, COI*). COI označava područje wavelet spektra u kojem rubni učinci (*eng. edge effects*) postaju značajni te je samim time značajnost i mogućnost statističkog zaključivanja znatno smanjena.

Slika 3.32. prikazuje grafički rezultat kros-wavelet analize. Na ovom grafičkom prikazu z vrijednosti prikazuju kros-spektar snage waveleta, odnosno područja u kojem dvije vremenske serije imaju veliku zajedničku amplitudu. Samo na temelju ovog prikaza nije moguće donijeti potpune zaključe o postojanju periodičnosti dvaju vremenskih serija, njihovoj povezanosti i međusobnim odnosima budući da je moguće da su vremenske serije međusobno korelirane i utječu jedna na drugu ali da amplituda pri tome nije velika. Iz tog razloga koristi se drugi tip analize i grafičkog prikaza koji prikazuje koherenciju waveleta (*eng. wavelet coherence*). Za dva vala, ili analogno dvije vremenske serije, kažemo da su koherentne ukoliko imaju konstantu faznu razliku i jednaku frekvenciju. Koherencija je ekvivalentna koeficijentu determinacije i kreće se u rasponu od 0 do 1 što dodatno olakšava uspoređivanje više grafičkih prikaza. Grafički prikaz koherencije waveleta prikazuje područja vremenskih serija u kojem su one međusobno koherentne bez obzira na njihovu amplitudu.

Iz rezultata analize primjera dvaju generiranih vremenskih serija vidljivo je da dvije vremenske serije imaju zajednički period 128, te veliku zajedničku amplitudu u istom periodu, pa je značajnost perioda pokazana kroz cijelo trajanje vremenske serije (Slika 3.32). Strelice pokazuju da na samom početku i kraju vremenskih serija one nisu u fazi. U sredini, od vremenskog intervala 400 do 900, dvije serije su u fazi i x je vodeća varijabla. Na grafičkom prikazu koherencije waveleta možemo bolje uočiti relevantni vremenski period (Slika 3.33) – značajan je period 128, ali samo u sredini promatranog razdoblja i to je područje u kojem dvije vremenske serije imaju jednaku frekvenciju i konstantu faznu razliku. U tom periodu možemo tvrditi da postoji značajna povezanost između dvije promatrane vremenske serije.



Slika 3.31. Vremenske serije sa zajedničkim periodom i izvan faze u intervalima 0-400 i 1200-500.



Slika 3.32. Kros-spektar wavelet snage dvaju vremenskih serija x i y. Kros-spektar wavelet snage prikazuje područja u kojima dvije vremenske serije imaju velike zajedničke amplitude. Na slici se uočavaju fazne strelice koje u sredini vremenske serije pokazuju prema gore-desno. U skladu s prikazanim dijagramom interpretacije faznih razlike, možemo zaključiti da je u sredini (400-900) x vodeća varijabla, dok u ostalim periodima ne možemo donijeti suvisao zaključak, budući da strelice konstantno mijenjaju smjer.



Slika 3.33. Koherencija waweleta vremenskih serija x i y. Koherencija pokazuje područja dvaju vremenskih serija u kojem su one međusobno koherentne, bez obzira na veličinu njihove amplitude.

# 3.7. Simulacije tretiranja

Simulacije tretiranja napravljene su za vrstu *Aedes vexans* i *Culex pipiens* (model s konstantnim kapacitetom okoliša) za jedanaestogodišnje razdoblje (2005. do 2015.). Simulacije su napravljene za jedan i dva bloka tretiranja. Jedan blok tretiranja podrazumijeva da se izvodi samo jedan tretman godišnje, pri čemu je definirano 6 parametara za svaku pojedinu simulaciju (Tablica 3.29). Parametri jednog bloka tretiranja: vrsta: *Culex pipiens*, godina tretiranja: 2015., vrsta tretmana: adulticidni, početak tretmana:150 dan u godini, učinkovitost od 20% i trajanje od 5 dana podrazumijevaju da se od 150. do 155. dana u 2015. godini svaki dan broj odraslih jedinki koji su rezultat modela u simuliranom periodu tretmana umanjuje za 20%. Očekivani broj simulacija za jedan blok tretiranja po jednoj modeliranoj vrsti je 963,600 pa je ukupni očekivani broj simulacija za obje modelirane vrste 1,927,200.

Nakon završetka simulacija izračunato je ukupno godišnje opterećenje odraslim jedinkama ( $TPL_A$ ) i ličinkama ( $TPL_L$ ) za svaku pojedinu simulaciju, te je izračunata razlika u odnosu na normalo opterećenje odraslima i ličinkama za godinu u kojoj je napravljena simulacija tretiranja.

	Parametar tretiranja	Moguća vrijednost parametra
1.	VRSTA:	Aedes vexans, Culex pipiens
2.	GODINA TRETANJA:	2005. do 2015.
3.	VRSTA TRETMANA:	adulticidni, larvicidni
4.	POČETAK TERTMANA:	od 1. do 365. dana u godini
5.	TRAJANJE TRETMANA:	1 do 15 dana
6.	UČINKOVITOST TRETMANA:	0%, 1%, 5%, 10%, 20%, 50%, 90%, 100%

Tablica 3.29. Parametri jednog bloka tretiranja.

Simulacije dva bloka tretiranja podrazumijevaju da se godišnje obavljaju dva tretmana, pri čemu je definirano 7 osnovnih parametara tretiranja (Tablica 3.30). Kako bi se smanjio očekivani broj simulacija tretmani se izvode od 60. do 300. dan u godini (1.3. do 27.10.). Prvi tretman može započeti od 60. dana u godini, s time da je korak između dva početka prvog tretmana 5 dana (60., 65., 70. dan u godini...itd.). Rezolucija po vremenskoj osi za početke prvog tretmana smanjena je kako bi se smanjio očekivan broj simulacija i vrijeme računanja. Oba tretmana u pojedinoj simulaciji traju jednako dugo vremena, s time da između dva tretmana postoji definirana udaljenost. Početak drugog tretmana u svakoj simulaciji izračunava se kao zbroj vremena početka prvog tretmana, trajanja tretmana i udaljenosti između dva tretmana. Očekivan broj simulacija po jednoj vrsti komaraca s obzirom na definirane parametre je 3,845,952.

Tablica 3.30.	Osnovni	parametri dva	bloka	tretiranja.
---------------	---------	---------------	-------	-------------

	Parametar tretiranja	Moguća vrijednost parametra
1.	VRSTA:	Aedes vexans, Culex pipiens
2.	GODINA TETIRANJA:	2005. do 2015.
3.	VRSTA TRETMANA:	1. adulticidni, 2. adulticidni ( <i>adu_adu</i> ); 1. adulticidni, 2. larvicidni ( <i>adu_lar</i> ); 1. larvicidni, 2. adulticidni ( <i>lar_adu</i> ); 1. larvicidni, 2 larvicidni ( <i>lar_lar</i> )
4.	POČETAK 1. TRETMANA:	60. do 300. dan u godini
5.	TRAJANJE TRETIRANJA:	1, 2, 3, 5, i 7 dana
6.	UDALJENOST TRETMANA:	0, 1, 2, 3, 5, 7, 14, 21, 28, 35 i 50 dana
7.	UČINKOVITOST TRETMANA:	0.1%, 0.5%, 5%, 20%, 50% i 100%
Kako bi se obradila velika količina simulacija te iznašle eventualne pravilnosti u rezultatima tretiranja kroz jedanaestogodišnje razdoblje ukupna godišnja opterećenja odraslim jedinkama podijeljena su u 7 razreda, odnosno definirano je 7 mogućih ishoda tretiranja prema intenzitetu porasta ili smanjenja ukupnog godišnjeg opterećenja:

- 1.  $\theta$  = tretmani bez učinka (±5% promjene u relativnom opterećenju odraslom populacijom u odnosu na normalno opterećenje za danu godinu)
- 2. S = uspješni tretmani uz malo smanjenje brojnosti odrasle populacije (-5% do -10% smanjenja u relativnom opterećenju odraslima u odnosu na normalno opterećenje za danu godinu)
- 3. *SS* = uspješni tretmani uz smanjenje brojnosti odrasle populacije (-10% do -30% smanjenja u relativnom opterećenju odraslima u odnosu na normalno opterećenje za danu godinu)
- 4. *SSS* = uspješni tretmani uz veliko smanjenje brojnosti odrasle populacije (>30% smanjenja u relativnom opterećenju odraslima u odnosu na normalno opterećenje za danu godinu)
- 5. P = tretman s negativnim učinkom uz malo povećanje brojnosti odrasle populacije (5% do 10% povećanja u relativnom opterećenju odraslima u odnosu na normalno opterećenje za danu godinu)
- 6. **PP** = tretman s negativnim učinkom uz povećanje brojnosti odrasle populacije (10% do 30% povećanja u relativnom opterećenju odraslima u odnosu na normalno opterećenje za danu godinu)
- 7. **PPP** = tretman s negativnim učinkom uz veliko povećanje brojnosti odrasle populacije (>30% povećanja u relativnom opterećenju odraslima u odnosu na normalno opterećenje za danu godinu)

Nakon definiranja razreda svi ostali podatci (parametri tretiranja) su diskretizirani te su obrađeni metodama dubinskog istraživanja podataka (eng. *data mining*), pomoću *apriori* algoritma (Agrawal i Srikant, 1999.) kojim se pronalaze asocijativna pravila u velikom setu podataka. Asocijativna pravila analiziraju učestalosti veza između svih atributa te pokazuju koliko često se pojavljuju zajedno, pri čemu se bilo koji atribut (podatak) može koristiti za pronalaženje pravila, odnosno predviđanje vrijednosti bilo kojeg drugog atributa (podatka). Općenito, asocijativna pravila predstavljaju asocijaciju ili korelaciju između dva atributa. Asocijativno pravilo ima oblik  $A \implies B$ , gdje su A i B dva odvojena atributa (podatka), koja se odnose kao lijeva (*lhs*, eng. *left hand side*) i desna (*rhs*, eng. *right hand side*) strana pravila. Asocijativno pravilo može se shvatiti kao pravilo općeg oblika:

### AKO (tijelo pravila) TADA (glavna pravila/ishod)

Tri najčešće korištene mjere za izdvajanje značajnih asocijativnih pravila su podrška (eng. *support*), pouzdanost (eng. *confidence*) i koeficijent izdizanja (eng. *lift*). Podrška predstavlja postotak, odnosno vjerojatnost svih elemenata u asocijativnom pravilu (tijelo i glava) u cijelom skupu podataka (3.41). Pouzdanost predstavlja postotak slučajeva koji sadrže *A*, a istovremeno sadrže i *B* (3.42). Pouzdanost se može smatrati vjerojatnošću da je pravilo točno ukoliko su zadovoljeni uvjeti s lijeve strane pravila. Koeficijent izdizanja je omjer pouzdanosti i postotka slučajeva koji sadrže *B* (3.43.).

$$(3.41.) \qquad podrška(A \Longrightarrow B) = P(A \cup B)$$

(3.42.) 
$$pouzdanost(A \Rightarrow B) = \frac{P(A \cup B)}{P(A)}$$

(3.43.) 
$$koeficijent izdizanja(A \Rightarrow B) = \frac{P(A \cup B)}{P(A)P(B)}$$

# **3.8.** Paralelno računanje primjenom grafičkih procesnih jedinica (GPU)

Izuzetno velik broj simulacija za jedan i dva bloka tretiranja predstavljao je izazov za računanje zbog količine potrebnih računskih operacija koje je bilo potrebno izvesti te vrlo dugog vremena potrebnog za izvođenje svih izračuna. Kako bi se simulacije izračunale što kraćem vremenu izrađena je adaptacija općih modela obiju modeliranih vrsta komaraca koja je omogućila računanje simulacija tretiranja na paralelan način pomoću grafičkih jedinica opće namjene (eng. *general purpose graphical processing units*, GPGPU ili GPU). Adaptacijom modela omogućilo se istovremeno računanje više različitih simulacija tretiranja komaraca. Grafičke procesne jedinice su specijalizirani dio hardvera čija je primarna namjena vizualizacija računalne grafike na monitoru računala. Za razliku od arhitekture centralnih procesnih jedinica (CPU), čiju arhitekturu može činiti od jedne do više desetaka procesnih podjedinica (jezgara), arhitekturu grafičkih procesnih jedinica čini više stotina ili tisuća procesnih jedinica. Specifična arhitektura GPU-a omogućuje istovremeno računanje (eng. *multi-threding*) velikog broja računskih operacija čime je moguće dobiti značajno ubrzanje prilikom zahtjevnog računanja.

Kako bi se određeni model uspješno adaptirao za izvođenje u paralelnom okruženju, bilo je potrebno identificirati osnovne računske operacije modela te izraditi softver koji će omogućiti izračunavanje tih operacija pomoću GPU-a. Osnovu općeg modela komaraca čini računska operacija množenja projekcijske matrice određenog dana (dimenzije 99x99) i vektora prethodnog dana (dimenzije 99) čiji je rezultat novi vektor (dimenzije 99). Taj rezultantni vektor se zatim množi s vektorom tretiranja (dimenzije 99) koji sadrži vrijednosti učinkovitosti pojedinih tretmana na određene stadije populacije ovisno o zadanim parametrima simulacije. Posljednji rezultantni vektor se skladišti i iskorištava za računanje rezultata za idući dan (iterativni postupak). Računanjem pomoću GPU-a moguće je ovaj cjelokupni proces umnožiti za broj simulacija potrebnih za izračunavanje u skladu sa memorijskim mogućnostima računala (Slika 3.34).

Paralelizacija koda je izvedena pomoću Python programskog jezika i paketa za paralelno računanje pomoću grafičkih procesnih jedinica opće namijene PyCUDA i scikit-cuda. Kako bi se rezultati simulacije što lakše mogli pregledati i obraditi nakon izračunatih simulacija spremljeni su u obliku višedimenzionalnih matrica u obliku .RData, nativnom formatu R softvera. Daljnja obrada rezultata tretiranja napravljena je pomoću R softvera.



Slika 3.34.Shematski prikaz paralelizacije koda za izračun rezultata jednog i dva bloka tretiranja.

## 3.9. Informatičko okruženje, hardver i okolišni parametri

Za cjelokupnu analizu podataka, crtanje grafova, izvođenje simulacija i prilagođavanje krivulja korišten je program otvorenog koda za statističku obradu i vizualizaciju podataka R, verzija 3.4.0 (R Development Core Team, 2017), koji predstavlja implementaciju S-programa (Ihaka i Genteleman, 1996) uz integrirano razvojno okruženje RStudio (2016) verzija 1.0.143.

Eksperimentalni podaci potrebni da definiranje osnovnih funkcija modela prilagođavani su pomoću drc paketa (*eng. dose response curve*) koji radi pod R programom (Ritz i Streibig, 2005). Podaci su prilagođavani linearno-logističkim modelom koji su predložili Brain i Cousens 1989, petparametarskom funkcijom (BC.5); logističkim funkcijama; četiri- i dvo-parametarskim funkcijama (LL.4, LL.2) (Seber i Wild, 1989); Weibull funkcijama - četiri-parametarske funkcije, obje parametrizacije (W1.4, W2.4) (Seber, i Wild, 1989; Ritz, 2009).

Wavelet-transformacija i grafičko prikazivanje napravljeni su uz pomoć R paketa WaveletComp (Roesch i Schmidbauer, 2014). Za izračunavanje sinkronosti dinamike populacija korišten je R paket synchrony (Gouhier i Guichard. 2014). Dubinsko istraživanje podataka (eng. *data mining*) napravljeno je pomoću R paketa arules (Hahsler i sur., 2017), a za vizualizaciju asocijativnih pravila korišten je R paket arulesViz (Hahsler, 2017).

Za potrebe paralelizacije modela korišten je Python programski jezik uz primjenu NVIDIA arhitekture za paralelno računanje CUDA uz primjenu scikit-cuda (Givon i sur., 2015) i pyCUDA (Klöckner i sur., 2012) paketa. Grafički akcelerator (GPU) NVIDIA Tesla K40 korišten u ovom istraživanju donirala je međunarodna korporacija NVIDIA kroz *NVIDIA Hardware Grant program*.

Svi okolišni parametri korišteni u modelu dobiveni su od Državnog hidrometeorološkog zavoda.

# 4. Rezultati

# 4.1. Karakterizacija godina prema abiotičkim parametrima

Kako bi se okarakterizirale godine u kojima je simulirana dinamika populacija obiju vrsta komaraca iz abiotičkih parametara izvučeni su karakteristični parametri za svaku godinu (Tablica 4.1). Kao parametri koji će opisivati karakteristike pojedinih godina izračunati su: *mintemp* - minimalna temperatura zraka; *maxtemp* - maksimalna temperatura zraka; *meantemp* - srednja godišnja temperatura zraka; *sdtemp* – standardna devijacija srednje godišnje temperatura zraka; *Ncrittemp* – broja dana kada je srednja dnevna temperatura zraka veća od kritične vrijednosti za razvoj populacije komaraca; *Nrains* – broj kišnih dana u godini; *minVod\_du* – minimalni vodostaj Dunava (mjerna postaja Batina); *maxVod\_du* – maksimalni vodostaj Dunava; *meanVod\_du* – srednji godišnji vodostaj Dunava; *sdVod\_du* – standardna devijacija srednjeg godišnjeg vodostaja Dunava; *NcritVod\_du* – broj dana u godini kada je vodostaj Dunava veći od kritične vrijednosti nakon koje dolazi do plavljenja; *minVod\_dr* – minimalni vodostaj Drave; *meanVod\_dr* – maksimalni vodostaj Drave; *meanVod\_dr* – srednji godišnjeg vodostaja Drave; *meanVod\_dr* – srednji godišnjeg vodostaja Drave; *meanVod\_dr* – srednji godišnjeg vodostaja Drave; *meanVod\_dr* – maksimalni vodostaj Drave; *meanVod\_dr* – maksimalni vodostaj Drave; *meanVod\_dr* – standardna devijacija srednjeg godišnjeg vodostaja Drave; *meanVod\_dr* – maksimalni vodostaj Drave; *meanVod\_dr* – standardna devijacija srednjeg godišnjeg vodostaja Drave; *meanVod\_dr* – srednji godišnjeg vodostaja Drave; *meanVod\_dr* – standardna devijacija srednjeg godišnjeg vodostaja Drave; *meanVod\_dr* – standardna devijacija srednjeg godišnjeg vodostaja Drave; *NcritVod\_dr* – broj dana u godini kada je vodostaj Drave veći od kritične vrijednosti nakon koje dolazi do plavljenja.

	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
mintemp	-14	-10	-4	-10	-12	-10	-7	-18	-3	-8	-11
maxtemp	27	28	30	27	28	29	29	30	30	27	29
meantemp	10,5	11,7	12,6	12,3	12,2	11,5	12,0	12,5	12,3	13,2	12,9
sdtemp	9,3	8,9	8,3	8,0	8,9	9,1	9,3	10,1	8,6	7,1	8,7
Ncrittemp	226	249	250	250	241	253	236	249	234	271	243
Nrains	126	119	123	119	129	124	94	106	138	146	122
minVod_du	-2	-6	-14	3	9	51	-50	17	20	52	-30
maxVod_du	590	750	596	410	679	737	595	453	772	506	503
meanVod_du	221,3	236,7	179,9	170,8	237,1	280,2	143,0	182,1	275,3	197,7	152,3
sdVod_du	160,2	201,7	109,6	102,4	163,5	146,4	118,3	92,7	167,3	112,6	129,5
Ncritvod_du	158	161	130	155	173	233	102	159	221	130	134
minVod_dr	-86	-101	-108	-89	-46	-55	-109	-110	-94	-23	-103
maxVod_dr	410	342	181	245	355	404	221	399	367	525	387
meanVod_dr	58,0	40,5	9,8	26,2	105,6	81,4	1,8	49,1	91,3	157,1	31,9
sdVod_dr	98,8	99,3	53,5	76,7	99,7	82,4	59,6	104,9	115,6	101,6	80,1
Ncritvod_dr	13	7	0	0	9	6	0	12	21	42	6

Tablica 4.1. Karakteristični abiotički parametri - 2005.-2015.

U prvom koraku istražene su međusobne korelacije pojedinih varijabli. Korelogram je prikazan na Slika 4.1. Nakon izrade korelograma napravljena je analiza principalnih komponenti (PCA). Prije analize varijable su standardizirane i centrirane. Postotak objašnjenja varijance pojedinih principalnih osi kao i PCA prikaz dan je na Slika 4.2. Prve tri principale osi objašnjavaju 86,8% varijance.



Slika 4.1. Korelogram varijabli abiotičkih parametara za razdoblje 2005. – 2015.



Slika 4.2. Postotak objašnjene varijance po principalnim osima.

# 4.2. Dinamika populacije komaraca Aedes vexans u periodu od 2005. do 2015.

Simulacije dinamike populacije komaraca *Aedes vexans* po razvojnim stadijima prikazane su na Slikama 4.3 do 4.13. Crvenom linijom prikazane su usrednjene vrijednosti dinamike populacije u intervalu od 14 dana.

Kod populacije komaraca *Aedes vexans* jajašca koja se pojavljuju tijekom godine mogu biti rezultat reprodukcije tijekom sezone, ili rezultat plavljenja većih površina čime dolazi do aktivacije jajašca iz prethodnih reproduktivnih sezona. Naime, poznato je da jajašca ove vrste mogu ostati u stanju dormancije i po nekoliko godina, a "aktiviraju" se kad su poplavljena. Ukoliko su okolišni uvjeti pogodni, ona nastavljaju svoj razvoj do odraslog stadija.

Dinamika populacije komaraca Aedes vexans u 2005. godini na području grada Osijeka pokazuje da se prva jajašca pojavljuju već početkom ožujka i tijekom travnja (Slika 4.3). Ova jajašca nisu rezultat reprodukcije u 2005. godini, već se pojavljuju uslijed plavljenja i povoljnih okolišnih uvjeta pri čemu dolazi do aktivizacije jajašaca iz prethodnih reproduktivnih sezona Ova jajašca razvijaju se do stadija ličinke, međutim zbog pojave nepovoljnih okolišnih uvjeta tijekom travnja ne razvijaju se do odraslih jedinki. Jajašca se periodično pojavljuju se tijekom cijele reproduktivne sezone, a moguće ih je pronaći sve do kraja studenog. Od jajašca koja se pojavljuju pred kraj reproduktivne sezone, tijekom listopada, samo vrlo mali broj uspijeva se razviti do odraslog stadija. Tijekom cijele godine kod stadija jajašca može se uočiti ukupno 7 populacijskih maksimuma. Ličinački stadij prati dinamiku stadija jajašaca, te se tijekom godine može uočiti ukupno 8 populacijskih maksimuma. Prve ličinke pojavljuju se već krajem ožujka, no ne razvijaju se do odraslog stadija. Dinamika stadija kukuljice bitno je drugačija od prethodnih razvojnih stadija, te se tijekom godine mogu jasno uočiti 4 populacijska maksimuma. Prve kukuljice pojavljuju se krajem svibnja i periodično se pojavljuju sve do listopada. Dinamika odraslih jedinki slična je i prati dinamiku stadija kukuljica. Tijekom reproduktivne sezone moguće je uočiti 4 populacijska maksimuma. Prvi populacijski maksimum koji se pojavljuje tijekom lipnja, po svom je intenzitetu najslabiji, dok su preostala tri lokalna maksimuma približno jednakog intenziteta.

Tijekom 2006. godine prva jajašca pojavljuju se također tijekom ožujka, a tijekom cijele 2006. uočava se ukupno 5 populacijskih lokalnih maksimuma (Slika 4.4). Zadnji populacijski maksimum pojavljuje se tijekom rujna. Jajašca koja se pojavljuju tijekom ožujka rezultat su plavljenja i predstavljaju jajašca aktivirana iz stadija dormancije. Prve ličinke u 2006. pojavljuju se krajem travnja, a tijekom godine uočava se 7 populacijskih maksimuma. Kukuljice se pojavljuju tijekom svibnja, a ukupno se uočava 5 populacijskih maksimuma tijekom sezone. Odrasle jedinke pojavljuju se krajem svibnja, a tijekom godine prisutno je 5 populacijskih maksimuma. Prva dva koja se pojavljuju tijekom svibnja i srpnja najvećeg su intenziteta dok su ostala tri znatno manjeg intenziteta. Odrasle jedinke prisutne su sve do kraja studenog.

U 2007. godini prva jajašca koja su rezultat aktivacije uslijed plavljenja pojavljuju se već krajem veljače (Slika 4.5). Ovaj populacijski lokalni maksimum rezultat je kratkotrajnog plavljenja Dunava, kasnije tijekom veljače i srednjih dnevnih temperatura viših od kritičnih. Tijekom godine pojavljuje se niz kratkih maksimuma, no ličinke su prisutne tijekom cijele reproduktivne sezone sve do kraja studenog. Za 2007. godinu karakterističan je znatan porast broja jajašaca tijekom prosinca koji se pojavljuju kao rezultat vrlo visokog vodostaja Dunava i plavljenja velikih površina. Dinamika ličinačkog stadija prati dinamiku stadija jajašca, no vidljivo je da se jajašca koja se pojavljuju u prosincu ne razvijaju u ličinački stadij, što znači da je mortalitet jajašca zbog nepovoljnih okolišnih uvjeta, primarno niskih temperatura zraka, bio izrazito velik. U dinamici stadija kukuljice dinamika je slabo razlučiva u smislu jadno definiranih i vremenski odijeljenih populacijskih maksimuma; pojavljuje se niz vrlo kratkih lokalnih maksimuma, no kukuljice su kontinuirano prisutne od svibnja pa sve do sredine listopada. U dinamici odraslih jedinki može se uočiti 5 populacijskih maksimuma, a odrasle jedinke prisutne su kontinuirano od svibnja do kraja listopada.

Tijekom 2008. godine prva jajašca pojavljuju se tijekom ožujka i prisutna su do kraja studenog (Slika 4.6). U dinamici ovog stadija pojavljuje se niz kratkih populacijskih lokalnih maksimuma te ih nije moguće jasno vremenski razlučiti. Ličinke se pojavljuju krajem ožujka i prisutne su do kraja studenog te su kao i kod jajašca pojedini populacijski maksimumi vremenski slabo razlučivi. Dinamika stadija kukuljice slična je kao i dinamika prethodna dva razvojna stadija. Kukuljice se pojavljuju od kraja travnja i prisutne se sve do kraja studenog. Kod odraslih jedinki u dinamici možemo govoriti o 5 populacijskih maksimuma. Odrasle jedinke pojavljuju se početkom svibnja i kontinuirano su prisutne sve do kraja studenog.

2009. godina po karakteristikama populacijske dinamike razvojnih stadija slična je prethodnoj godini (Slika 4.7). Jajašca se pojavljuju početkom ožujka i prisutna su do kraja studenog. Kukuljice se pojavljuju krajem travnja, početkom svibnja i prisutne su do sredine listopada. Kod odraslih jedinki možemo govoriti o 5 populacijskih maksimuma, od kojih je prvi koji se pojavljuje u svibnju, najjačeg intenziteta (globali maksimum), a treći, koji se pojavljuje tijekom srpnja i kolovoza najduljeg je trajanja.

U 2010. godini jajašca se pojavljuju tijekom ožujka, a u dinamici ovog razvojnog stadija uočavaju se 4 populacijska maksimuma (Slika 4.8). Jedinke iz prvog populacijskog maksimuma ne razvijaju se do odraslog stadija, uslijed nepovoljnih okolišnih uvjeta. Kao i u 2007. godini tijekom prosinca se pojavljuje znatan broj jajašaca kao rezultat plavljenja velikih površina (visok vodostaj Dunava). Dinamika ličinačkog stadija po svoj dinamici prati dinamiku jajašca, no vidljivo je da se jajašca koja se pojavljuju tijekom prosinca ne razvijaju do ličinačkog stadija. Dinamika stadija kukuljice nije dobro razlučena, a kukuljice se prisutne od kraja svibnja do kraja studenog. Kao rezultat nepovoljnih okolišnih uvjeta na početku sezone, prve odrasle jedinke pojavljuju se u listopadu i prisutne su do kraja studenog. U dinamici odraslog stadija jasno se mogu uočiti 4 populacijska maksimuma.

2011. godina je obilježena izrazito viskom vodostajem Dunava tijekom siječnja, veljače i ožujka što je vidljivo u dinamici stadija jajašca budući se da prva jajašca pojavljuju upravo u tom razdoblju (Slika 4.9). Mali dio jajašca razvija se do ličinačkog stadija, međutim ne razvijaju se do odraslih jedinki uslijed nepovoljnih okolišnih uvjeta. Drugi dio ličinki pojavljuje se početkom lipnja i prisutan je do sredine listopada. Dinamika nije jasno razlučena, no može se uočiti populacijski globalni maksimum koji se pojavljuje u kolovozu. Odrasle jedinke pojavljuju se relativno kasno, tek krajem lipnja, a u dinamici se može govoriti o dva populacijska maksimuma s time da je maksimum koji se pojavljuje tijekom kolovoza globalni maksimum i najduljeg je trajanja.

U 2012. godini pojavljuju se jajašca iz prethodnih reproduktivnih sezona kao rezultat plavljenja uzrokovanog visokim vodostajem Dunava, već tijekom sredine siječnja, no ne razvijaju se do ličinačkog stadija uslijed niskih temperatura zraka (Slika 4.10). Jajašca su prisutna do kraja listopada. Dinamika ličinačkog stadija prati dinamiku stadija jajašca. Prve ličinke pojavljuju se tijekom ožujka i prisutne su do kraja listopada. Tijekom godine pojavljuje se 7 populacijskih maksimuma. Slično je i kod stadija kukuljica koje su prisutne od travnja pa sve do kraja listopada, no dinamika ovog stadija nije jasno razlučena. Odrasle jedinke pojavljuju se sredinom svibnja. Tijekom godine prisutna su 4 populacijska maksimuma.

2013. godina obilježena je visokim vodostajem Dunava i Drave na početku godine, što je rezultiralo pojavom jajašca već u siječnju, međutim ova jajašca se uglavnom ne razvijaju do odraslog stadija (Slika 4.11). Tijekom godine možemo govoriti o 5 populacijskih maksimuma. Stadij ličinki prati dinamiku razvoja jajašca. Prve ličinke pojavljuju se početkom ožujka, a prisutne su do kraja listopada. Kukuljice se pojavljuju početkom svibnja i prisutne su sve do početka listopada. U dinamici kukuljica intenzitetom se ističu dva populacijska maksimuma, prvi koji se pojavljuje u svibnju, i drugi koji se pojavljuje tijekom lipnja. Dinamika odraslih jedinki prati dinamiku stadija kukuljice. Odrasle jedinke pojavljuju se početkom svibnja i prisutne su do kraja rujna. Kao i kod kukuljica intenzitetom se ističu prvi i drugi populacijski maksimum, prvi u svibnju a drugi u lipnju.

Početak 2014. godine obilježen je niskim vodostajem Dunava i Drave u početku godine, što je rezultiralo kasnom pojavom jajašca (Slika 4.12). Prva jajašca počinju se pojavljivati tek u svibnju. Tijekom cijele godine dinamika stadija jajašca dobro je razlučena te se može uočiti 5 populacijskih maksimuma. Globalni maksimum pojavljuje se u lipnju. Za 2014. godinu također je karakteristična pojava znatnog broja jajašca tijekom studenog i prosinca kao rezultat visokih vodostaja rijeke Dunav i Drave te plavljenja velikih površina. Također, srednje dnevne temperature zraka bile su izrazito visoke za taj period godine. Ličinke se pojavljuju sredinom svibnja, te također možemo govoriti o 5 populacijskih maksimuma. S obzirom na relativno visoke srednje dnevne temperature zraka u studenom i prosincu 2014. manji broj jajašca razvija se do ličinačkog stadija čak i u tom periodu godine. Dinamika stadija kukuljice slabije je razlučena. Kukuljice su prisutne od lipnja pa sve do kraja listopada. Kod odraslih jedinki također možemo govoriti o 5 populacijskih maksimuma. Prve odrasle jedinke pojavljuju se tijekom lipnja, uz pojavu globalnog maksimuma.

U 2015. godini prva jajašca pojavljuju se uslijed visokih vodostaja Dunava te plavljenja većih površina (Slika 4.13). Jajašca koja su aktivirana tijekom siječnja i veljače ne razvijaju se u stadij ličinke. Jajašca su prisutna od siječnja sve do kraja listopada, a tijekom godine možemo govoriti o 10 populacijskih maksimuma. Ličinke se pojavljuju sredinom ožujka i prisutne su do kraja listopada. Dinamika ličinačkog stadija prati dinamiku stadija jajašca, te također možemo govoriti o 10 populacijskih maksimuma. Prve kukuljice pojavljuju se tijekom svibnja i prisutne su do kraja listopada. Dinamika ovog stadija manje je razlučena od prethodna dva. Odrasle jedinke pojavljuju se sredinom svibnja, a tijekom sezone možemo razlikovati 5 populacijskih maksimuma. Prva tri su relativno dobro razlučena (svibanj, lipanj, kolovoz) i intenzitetom najveća, dok su ostala dva manjeg intenziteta.

Ukoliko promatramo dinamiku odraslih jedinki kroz sve simulirane godine onda možemo uočiti da se njihova dinamika može grupirati u dvije skupine. Prvu skupinu čine godine: 2006., 2007., 2008., 2009., 2013. i 2014. u kojima se odrasle jedinke pojavljuju sredinom travnja ili početkom svibnja te drugu skupinu koju čine 2005., 2010., 2011., 2012. i 2015. u kojima se odrasle jedinke pojavljuju relativno kasno – tek početkom ili sredinom lipnja. Iz vizualnog pregleda rezultata simulacija vidljivo je da ovu razliku nije moguće pripisati isključivo vodostajima rijeke Drave i Dunava u početnim dijelovima godine i eventualnoj razlici u količini "aktiviranih" jajašca.



Slika 4.3. Simulacija dinamike populacije komaraca Aedes vexans tijekom 2005. godine.



Slika 4.4. Simulacija dinamike populacije komarca Aedes vexans tijekom 2006. godine.



Slika 4.5. Simulacija dinamike populacije komaraca Aedes vexans tijekom 2007. godine.



Slika 4.6. Simulacija dinamike populacije komaraca Aedes vexans tijekom 2008. godine.



Slika 4.7. Simulacija dinamike populacije komaraca Aedes vexans tijekom 2009. godine.



Slika 4.8. Simulacija dinamike populacije komaraca Aedes vexans tijekom 2010. godine.



Slika 4.9. Simulacija dinamike populacije komaraca Aedes vexans tijekom 2011. godine.



Slika 4.10. Simulacija dinamike populacije komaraca Aedes vexans tijekom 2012. godine.



Slika 4.11. Simulacija dinamike populacije komaraca Aedes vexans tijekom 2013. godine.







Slika 4.13. Simulacija dinamike populacije komaraca Aedes vexans tijekom 2015. godine.

4.2.1. Analiza dinamike i populacijskih karakteristika komaraca *Aedes vexans* u razdoblju od 2005.-2015. godine

### 4.2.1.1. Ukupno opterećenje populacijom - Aedes vexans

Ukupno opterećenje pojedinim razvojnim stadijima u jedanaestogodišnjem razdoblju promatrano je na godišnjoj razini; na razini tromjesečja te na razini mjeseca.

Ukupno opterećenje jajašcima (*TPL*<sub>E</sub>) promatrano na godišnjoj razini pokazuje da je najveće ukupno godišnje opterećenje jajašcima zabilježeno u 2014. godini, a zatim u 2013., 2006. i 2010. godini (Tablica 4.2). Kao godine s najmanjim ukupnim godišnjim opterećenjem jajašcima ističu se 2008. i 2012. godina. Promatrano na razini tromjesečja ističe se zadnje tromjesečje 2014. godine kada je ukupno opterećenje jajašcima bilo najveće. Međutim, iz analize dinamike populacije komaraca *Aedes vexans* vidljivo je su jajašca aktivirana zbog izrazito visokog vodostaja Dunava, no s obzirom na nepovoljne okolišne uvjete u tom periodu godine ta jajašca ne nastavljaju svoj razvoj. Ukoliko rezultate promotrimo bez ovog rezultata tada je vidljivo da se najveća opterećenja stadijem jajašca pojavljuju u drugom tromjesečju (travanj-lipanj), a najveća opterećenja u tom tromjesečju su u 2013. i 2006. godini. Značajna ukupna opterećenja zabilježena su zatim u trećem tromjesečju (srpanj-rujan). Najmanja opterećenja stadijem jajašca pojavljuju se u prvom i zadnjem tromjesečju. Promatrano na mjesečnoj razini uočava se da je lipanj mjesec s najvećim ukupnim opterećenjem jajašcima u jedanaestogodišnjem razdoblju.

Ukupna opterećenja ličinačkim stadijem ( $TPL_L$ ) u jedanaestogodišnjem razdoblju prikazana su u Tablici 4.3. Promatrano na godišnjoj razini kao godine s najvećim opterećenjem ovim stadijem ističu se 2006., 2010., 2013. i 2009. godina. Godina s najmanjim ukupnim opterećenjem ličinkama bila je 2011. Promatrano po tromjesečjima, tromjesečje s najvećim opterećenjem ličinačkim stadijem je treće tromjesečje (srpanj – rujan). Promatrano po mjesecima, lipanj se ističe kao mjesec s najvećim opterećenjem ličinačkim stadijem u jedanaestogodišnjem razdoblju, a nakon njega slijedi srpanj.

Ukupna opterećenja kukuljicama (TPL<sub>P</sub>) u jedanaestogodišnjem razdoblju prikazana su u Tablici 4.4. Promatrano na godišnjoj razini kao godine s najvećim opterećenjem kukuljicama ističu se 2010., 2009., 2006. i 2012. Godina s najmanjim ukupnim godišnjim opterećenjem kukuljicama bila je 2011. Promatrano na razini tromjesečja vidljivo je da kukuljice uglavnom nisu prisutne u prvom tromjesečju, osim u 2012. godini. Tromjesečje s najvećim ukupnim opterećenjem kukuljicama je treće tromjesečje (srpanj-rujan). Promatrano na mjesečnoj razini, lipanj se ističe kao mjesec s najvećim opterećenjem kukuljicama. Velika opterećenja kukuljicama zabilježena su i u srpnju, kolovoz i rujnu. Također, vidljivo je da kukuljice uglavnom nisu prisutne u studenom i prosincu uz iznimku 2013. godine.

Ukupna opterećenja odraslim jedinkama ( $TPL_A$ ) u jedanaestogodišnjem razdoblju prikazana su u Tablici 4.5. Kao godine s najvećim opterećenjem odraslim jedinkama ističu se 2010., 2009., 2006., te 2013. i 2012. Godine s najmanjim ukupnim godišnjim opterećenjem odraslim jedinkama bile su 2007. i 2011. Promatrano na razini tromjesečja, vidljivo je da je najveće opterećenje odraslim jedinkama tijekom jedanaestogodišnjeg razdoblja treće tromjesečje (srpanj-rujan), a zatim drugo (travanj-lipanj). Odrasle jedinke nisu prisutne u prvom tromjesečju (siječanj-ožujak), a vrlo mali broj odraslih jedinki može se pojaviti tijekom zadnjeg tromjesečja. Promatrano na mjesečnoj razini vidljivo je da u prvom tromjesečju nema odraslih jedinki, te da se one počinju pojavljivati u travnju. Mjesec s najvećim opterećenjem odraslim jedinkama promatrano u jedanaestogodišnjem razdoblju je lipanj, a zatim srpanj i kolovoz. Mali broj odraslih jedinki može biti prisutan u studenom, a odrasle jedinke nisu prisutne tijekom prosinca.

Promatrano po svim stadijima, tijekom jedanaestogodišnjeg razdoblja, kao mjesec s najvećim ukupnim opterećenjem ističe se lipanj, a zatim srpanj.

Tablica 4.2. Ukupno opterećenje jajašcima – Aedes vexans (TPL<sub>E</sub>) za period od 2005. – 2015. godine. Ukupno opterećenje jajašcima izračunato je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M6-M9	M9-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	6.696.873	442.894	1.587.375	4.190.085	470.727	3.100	26.686	413.108	502.204	90.820	994.351	1.988.953	1.158.419	1.042.713	123.152	173.787	173.787
2006	10.951.330	762.339	6.305.496	2.476.045	1.390.287	3.100	2.719	756.520	855.288	2.697.747	2.752.462	1.003.001	1.041.518	431.525	360.524	514.882	514.882
2007	5.833.879	334.475	667.417	1.953.373	2.793.259	3.100	14.203	317.172	47	159.749	507.621	530.724	547.315	875.335	261.702	419.641	2.111.916
2008	4.478.134	331.799	1.479.564	2.271.354	393.987	3.100	2.756	325.943	193.353	634.342	651.870	872.282	668.893	730.179	308.251	42.868	42.868
2009	7.019.696	1.209.281	2.465.229	2.906.466	438.505	3.100	2.800	1.203.381	429.532	953.198	1.082.499	1.542.159	833.918	530.389	425.605	6.450	6.450
2010	10.440.242	481.263	3.799.088	3.259.634	2.817.418	3.100	8.638	469.525	32.008	382.269	3.384.812	820.080	1.053.407	1.386.147	355.891	499.900	1.961.627
2011	6.268.125	3.880.244	71.095	2.041.391	274.480	940.159	1.786.291	1.153.794	6	194	70.896	1.134.702	479.257	427.432	219.666	27.407	27.407
2012	5.207.528	1.010.988	1.915.256	1.642.948	636.499	267.888	512.138	230.962	21.683	1.066.226	827.347	708.716	465.585	468.646	526.302	55.098	55.098
2013	11.986.067	3.059.730	6.126.618	2.130.853	660.498	72.070	1.493.790	1.493.870	926.618	2.833.648	2.366.352	1.229.708	591.521	309.624	293.190	116.267	251.041
2014	15.568.841	7.171	2.034.336	2.643.623	10.726.993	3.100	2.773	1.298	0	203.569	1.830.767	856.467	936.873	850.284	1.334.286	4.691.195	4.701.512
2015	7.064.863	2.309.693	2.631.462	1.501.933	618.282	530.187	842.139	937.366	225.990	1.284.296	1.121.177	516.116	604.283	381.533	408.711	104.786	104.786
SU	MA	13.829.877	29.082.937	27.017.705	21.220.937	1.832.004	4.694.934	7.302.940	3.186.727	10.306.057	15.590.153	11.202.908	8.380.990	7.433.806	4.617.280	6.652.282	9.951.375

Tablica 4.3. Ukupno opterećenje ličinkama – Aedes vexans (TPL) za period od 2005. – 2015. godine. Ukupno opterećenje ličinkama izračunato je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M6-M9	M9-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	5.798.272	126.082	1.526.745	3.634.807	510.638	0	0	126.082	582.865	341.363	602.517	1.285.819	1.082.486	1.266.501	509.192	1.144	302
2006	10.413.155	143.085	6.541.304	2.968.031	760.736	0	22	143.062	1.540.884	1.491.631	3.508.789	1.139.525	1.030.906	797.600	723.668	22.524	14.544
2007	4.370.025	168.202	831.074	2.940.568	430.180	2	37	168.163	10.456	219.350	601.267	713.826	645.341	1.581.400	426.088	4.074	18
2008	6.082.331	23.528	2.428.296	2.846.716	783.791	0	44	23.484	574.132	885.350	968.814	904.574	939.907	1.002.234	775.438	8.135	219
2009	8.193.603	36.676	3.962.435	3.812.477	382.016	0	0	36.676	1.657.571	1.145.966	1.158.898	2.113.564	951.281	747.632	380.268	1.274	474
2010	9.782.924	206.338	4.112.247	4.301.123	1.163.215	0	3	206.335	331.335	548.013	3.232.899	1.172.537	1.345.209	1.783.377	1.118.445	37.753	7.017
2011	2.916.508	193.977	210.225	2.273.187	239.117	51	2	193.925	141.619	186	68.421	892.951	784.746	595.491	236.269	1.647	1.201
2012	6.058.234	402.450	2.546.341	2.319.063	790.016	121	11.864	390.465	425.773	1.134.658	985.910	928.874	709.274	680.915	767.327	18.916	3.772
2013	9.136.880	236.093	5.560.805	2.845.457	494.526	0	244	235.849	881.592	2.198.788	2.480.425	1.583.347	626.787	635.322	493.239	1.286	1
2014	5.233.269	791	1.278.682	3.109.135	844.658	1	4	786	0	334.245	944.437	680.928	1.026.489	1.401.718	730.777	109.466	4.415
2015	5.776.026	265.217	2.761.302	1.769.992	979.514	336	1	264.880	403.469	1.180.292	1.177.541	615.669	647.421	506.902	955.232	21.866	2.416
SU	IMA	1.802.440	31.759.455	32.820.556	7.378.406	512	12.221	1.789.707	6.549.697	9.479.843	15.729.916	12.031.615	9.789.848	10.999.093	7.115.942	228.085	34.379

Tablica 4.4. Ukupno opterećenje kukuljicama – Aedes vexans ( $TPL_P$ ) za period od 2005. – 2015. godine. Ukupno opterećenje kukuljicama izračunato je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M6-M9	M9-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	135.792	0	26.826	102.318	6.648	0	0	0	1	2.991	23.834	52.480	21.433	28.406	6.648	0	0
2006	257.141	0	162.175	80.734	14.233	0	0	0	58	86.775	75.342	40.842	22.557	17.335	14.233	0	0
2007	116.968	0	26.872	78.551	11.546	0	0	0	70	4.782	22.020	36.310	22.697	19.544	11.546	0	0
2008	172.257	0	70.377	91.819	10.061	0	0	0	483	38.184	31.709	27.684	38.500	25.634	10.061	0	0
2009	270.043	0	103.092	156.611	10.340	0	0	0	2.322	74.048	26.722	89.376	50.952	16.283	10.340	0	0
2010	290.815	0	101.765	140.931	48.119	0	0	0	19	5.053	96.694	54.340	71.584	15.008	48.119	0	0
2011	96.868	0	4.507	88.347	4.014	0	0	0	25	18	4.464	26.536	41.499	20.313	4.014	0	0
2012	243.830	65	112.866	117.991	12.908	0	0	65	33.516	28.219	51.131	53.658	38.872	25.462	12.908	0	0
2013	251.610	0	159.479	87.372	4.760	0	0	0	1.707	42.709	115.062	44.519	30.306	12.547	4.729	30	0
2014	160.693	0	47.124	77.075	36.494	0	0	0	0	649	46.475	28.579	26.081	22.415	36.494	0	0
2015	161.979	0	73.514	76.367	12.097	0	0	0	215	26.278	47.021	35.614	24.381	16.373	12.097	0	0
SU	MA	65	888.597	1.098.118	171,217	0	0	65	38.417	309,705	540.475	489,939	388.860	219.319	171.186	30	0

Tablica 4.5. Ukupno opterećenje odraslima – Aedes vexans (TPL<sub>A</sub>) za period od 2005. – 2015. godine. Ukupno opterećenje odraslima izračunato je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M6-M9	M9-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	142.618	0	18.627	118.348	5.643	0	0	0	0	211	18.416	51.844	28.366	38.138	5.643	0	0
2006	263.752	0	153.039	89.305	21.408	0	0	0	0	77.366	75.673	49.944	24.809	14.552	21.408	0	0
2007	94.793	0	22.832	64.819	7.142	0	0	0	2	4.740	18.091	27.267	22.146	15.406	7.142	0	0
2008	152.848	0	44.103	99.188	9.557	0	0	0	12	21.327	22.764	27.383	34.003	37.802	9.395	163	0
2009	217.013	0	77.749	131.506	7.758	0	0	0	78	56.122	21.550	61.153	46.261	24.092	7.757	0	0
2010	260.236	0	96.248	137.105	26.883	0	0	0	1	908	95.339	43.027	66.161	27.917	26.883	0	0
2011	101.236	0	3.974	91.980	5.282	0	0	0	1	8	3.965	30.897	40.820	20.263	5.282	0	0
2012	248.641	1	100.250	131.311	17.079	0	0	1	8.869	50.677	40.705	67.542	37.557	26.212	17.079	0	0
2013	238.026	0	149.537	82.895	5.594	0	0	0	20	56.222	93.295	38.750	37.168	6.977	5.592	2	0
2014	161.215	0	61.330	67.781	32.104	0	0	0	0	206	61.124	24.636	26.880	16.265	32.104	0	0
2015	165.560	0	77.759	75.608	12.193	0	0	0	2	34.706	43.051	32.649	24.749	18.209	12.193	0	0
SU	MA	1	805.447	1.089.848	150.644	0	0	1	8.984	302.492	493.971	455.093	388.921	245 833	150.479	165	0

### 4.2.1.2. Indeks intenziteta rasta populacije (PGI) za vrstu Aedes vexans

Indeks intenziteta rasta populacije (*PGI*) pokazuje odnos između prirasta i pada broja jedinki u promatranom vremenskom intervalu. Iznos indeksa intenziteta rasta populacije (*PGI*) veći od 1 ukazuje da je došlo do prirasta broja jedinki u promatranom vremenskom intervalu. Vrijednost indeksa *PGI* jednaka 1 pokazuje da je u promatranom vremenskom intervalu broj jedinki ostao nepromijenjen, a vrijednosti manje od 1 pokazuju da je u promatranom vremenskom intervalu došlo do opadanja broja jedinki. Vrlo velike vrijednosti indeksa ukazuju na nagle promjene brojnosti jedinki u pojedinom razvojnom stadiju. U tim vremenskim intervalima potencijal rasta populacije ili pojedinog razvojnog stadija je izuzetno velik.

Indeksi intenziteta rasta populacije (*PGI*) komaraca *Aedes vexans* po razvojnim stadijima za jedanaestogodišnje razdoblje prikazani su na Tablicama 4.6 do 4.9. Indeksi rasta populacije promatrani su po svim razvojnim stadijima te na godišnjoj razini, na razini tromjesečja i mjesečnoj razini. U zadnjem redu svake tablice izračunata je vjerojatnost (*P*) rasta populacije kao omjer broja ishoda u kojima je indeks intenziteta rasta populacije veći od 1 i ukupnog broja promatranih godina.

Indeks intenziteta rasta za stadij jajašca prikazan je u Tablici 4.6. Promatrano na godišnjoj razini vidljivo je da je vjerojatnost rasta 100%, odnosno u svim promatranim godinama zabilježen je porast broja jajašca. Indeksi intenziteta rasta malo su veći od 1, što znači da se broj jajašca prisutnih u okolišu konstantno povećavao u promatranom jedanaestogodišnjem razdoblju. Promatrano na razini tromjesečja, najveći indeksi intenziteta rasta populacije zabilježeni su u drugom tromjesečju (travanj-lipanj). Indeksi su veći od 1 za sve godine osim 2005. i 2009. Posebno se ističe 2011. godina u kojoj je vrijednost indeksa 25,53 što znači da je tijekom drugog tromjesečja dolazilo do naglih porasta u brojnosti jajašaca, dok je pad njihove brojnosti u tom periodu bio je znatno usporen. Vjerojatnost rasta populacije jajašaca, promatrano kroz jedanaestogodišnje razdoblje, u drugom tromjesečju je najveća i iznosi 81,8%. Vjerojatnost rasta populacije jajašaca u prvom tromjesečju iznosi 72,7%. Tijekom trećeg tromjesečja prirast brojnosti stadija jajašca je uglavnom negativan, a vjerojatnost prirasta broja jajašaca iznosi 18,2%.

Indeks intenziteta rasta stadija ličinke ( $PGI_L$ ) prikazan je u Tablici 4.7. Promatrano na godišnjoj razini indeks intenziteta rasta u jedanaestogodišnjem razdoblju je uvijek veći od 1, te vjerojatnost prirasta broja ličinki iznosi 100%. Promatrano po tromjesečjima vjerojatnost rasta populacije ličinki u prvom tromjesečju je u cjelokupnom promatranom razdoblju veća od 1, te vjerojatnost rasta u tom razdoblju iznosi 100%. U prvom tromjesečju indeksi intenziteta rasta su značajno veći od 1 u 2010., 2005., 2006. i 2009. godini što znači da je tijekom prvog tromjesečja tih godina dolazilo do vrlo naglih promjena u brojnosti jedinki, odnosno vrlo brzog povećanja broja ličinki. U drugom tromjesečju (travanj-lipanj) vjerojatnost prirasta populacije ličinki iznosi 90,9%. Do porasta broja ličinki u drugom tromjesečju nije došlo jedno u 2005. godini, kada je zabilježen negativan trend rasta. U četvrtom tromjesečju prirast ličinki je u svim promatranim godinama bio u opadanju. Promatrano na mjesečnoj razini vjerojatnosti porasta indeksa intenziteta rasta najveći su u ožujku (90,9%) i svibnju (90,9%). Ožujak je karakteriziran naglim promjenama brojnosti ličinki. Promjene brojnosti slabije su izražene u svibnju.

Indeks intenziteta rasta stadija kukuljice ( $PGI_P$ ) prikazan je u Tablici 4.8. Promatrano na godišnjoj razini indeksi intenziteta rasta su očekivano jednaki 1, budući da kukuljice nisu prisutne u početku godine, a isto tako ne preživljavaju do slijedeće reproduktivne sezone u slijedećoj godini. Promatrano na razini tromjesečja, indekse uglavnom nije bilo moguće izračunati ( $PGI_P = NA$ ) u prvom tromjesečju, što znači da u tim periodima zapravo nema kukuljica (dijeljenje s 0). U drugom tromjesečju (travanj-lipanj) vjerojatnost prirasta broja ličinki iznosi 100%. U zadnjem tromjesečju prirast broja kukuljica je u cjelokupnom promatranom razdoblju od 11 godina negativan. Gledano na mjesečnoj razini, u lipnju je vjerojatnost prirasta broja kukuljica najveća i iznosi 90,9%.

Indeks intenziteta rasta odraslih jedinki ( $PGI_A$ ) prikazan je u Tablici 4.9. Kao i kod kukuljica, promatrano na godišnjoj razini prirast broja odraslih jedinki jednak je 1, što odgovara ekološkoj strategiji ove vrste komaraca koja zimu preživljava u obliku jajašaca pa odrasle jedinke tijekom zimskog perioda nisu prisutne. U prvom tromjesečju indeks nije bilo moguće izračunati, što znači da da nije bilo pozitivnog niti negativnog prirasta (dijeljenje s 0). Tijekom drugog tromjesečja (travanj-lipanj) vjerojatnost prirasta broja odraslih jedinki je 100%. Prirast broja jedinki u četvrtom tromjesečju je uvijek negativan te stoga vjerojatnost prirasta iznosi 0%. Vjerojatnost prirasta broja odraslih jedinki u trećem tromjesečju (srpanj-rujan) iznosi 27,3%. Vjerojatnost prirasta broja odraslih jedinki najveća je u lipnju (P=81,8%), a zatim u svibnju (P=72,7%). Tijekom prva četiri mjeseca indeks za odrasle jedinke nije bilo moguće izračunati.

#### 4.2.1.3. Indeks potencijala rasta populacije (PGP) - Aedes vexans

Indeks potencijala rasta populacije (*PGP*) pokazuje omjer broja dana u kojima je prirast pojedinog razvojnog stadija bio pozitivan (broj dana u kojima je populacija rasla) i broja dana u kojima je prirast bio negativan (broj dana u kojima je populacija bila u opadanju). Iznos indeksa PGP>1 pokazuje da je u promatranim vremenskim intervalu populacija veći dio vremena bila u porastu. Iznos indeksa PGP=1 pokazuje de je populacija bila u porastu i opadanju jednak broj dana u promatranom vremenskom razdoblju, a indeks PGP<1 ukazuje na to da je populacije veći dio vremena bila u opadanju. Kako bi se dobila adekvatna slika o stanju dinamike populacije ili pojedinog razvojnog stadija u pojedinom vremenskom intervalu potrebno je obratiti pozornost na oba indeksa (*PGI* i *PGP*). Indeks potencijala rasta populacije izračunata je vjerojatnost (*P*) rasta populacije kao omjer broja ishoda u kojima je indeks potencijala rasta populacije veći od 1 i ukupnog broja promatranih godina.

Indeks potencijala rasta stadija jajašca ( $PGP_E$ ) promatran na godišnjoj razini pokazuje da je vjerojatnost da će populacija jajašaca veći dio vremena biti u porastu P=45,5% (Tablica 4.10. i Tablica 4.10). Ukoliko indeks  $PGP_E$  usporedimo s indeksom intenziteta rasta populacije ( $PGI_E$ ) onda je vidljivo da ukupni porast broja jedinki na razini godine ne znači da je i veći dio vremena populacija bila u porastu. U 2005., 2008., 2009., 20111., 2012. i 2014. indeks potencijala rasta za stadij jajašca ( $PGP_E$ ) je manji od 1 što znači da je promatrano na razini godine, veći dio vremena populacija jajašaca bila u opadanju. To znači da je u tim godinama, budući da je indeks intenziteta rasta populacije veći od 1 ( $PGI_E$ ), dolazilo do naglog porasta broja jedinki u kratkim vremenskim intervalima, a opadanja brojnosti jajašaca bila su polaganija i duljeg trajanja. Promatrano na razini tromjesečja može se zaključiti da je drugom tromjesečju (travanj-lipanj) najvjerojatnije (P=63,6%) da će populacija jajašaca veći dio vremena biti u porastu. Promatrano na masti (P=81,8%). Tijekom lipnja vjerojatnost da će populacija jajašaca promatran u jedanaestogodišnjem razdoblju uglavnom veći od 1 (P=72,7%), što znači da je lipanj mjesec u kojem su nagli porasti brojnosti jajašaca u kratkim vremenskih intervalima vrlo vjerojatni.

Indeksi potencijala rasta stadija ličinki ( $PGP_L$ ) prikazani su u Tablici 4.11. Promatrano na godišnjoj razini indeksi potencijala rasta ličinki su uglavnom veći od 1, što znači da je populacija ličinki veći dio vremena bila u porastu. Iznimka je 2012. godina kada je indeks  $PGP_L$  manji od 1. Promatrano na razini tromjesečja vidljivo je da je u prvom tromjesečju vjerojatnost da će populacija ličinki veći dio vremena biti u porastu čak 100%. Također, indeksi  $PGI_L$  su također veći od 1 (P=100%). U trećem tromjesečju populacija ličinki je veći dio vremena u opadanju (P=81,8%). Promatrano na mjesečnoj razini, najveću vjerojatnost da će veći dio vremena populacija ličinki biti u porastu ima ožujak (P=100%), a zatim listopad (P=81,8%). U listopadu su indeksi  $PGI_L$  uglavnom manji od 1 (vjerojatnost porasta brojnosti P=9,1%) što znači da u listopadu dolazi do naglih opadanja brojnosti ličinki u kratkim vremenskim intervalima. Indeksi potencijala rasta kukuljica ( $PGP_P$ ) prikazani su u Tablici 4.12. Promatrano na godišnjoj razini vjerojatnost da će populacija kukuljica veći dio vremena biti u porastu iznosi P=81,8%. Tijekom 2005. i 2014. godine indeks  $PGP_P$  je manji od 1. Ako ove vrijednosti usporedimo s  $PGI_P$  koji je u svim godinama jednak 1, vidljivo je brojnost populacije kukuljica opada naglo i u kratkim vremenskim intervalima, ali na godišnjoj razini populacija kukuljica veći dio vremena raste. Promatrano na razini tromjesečja populacija kukuljica je veći dio vremena u porastu tijekom drugog (travanj-lipanj) i četvrtog tromjesečja (listopad-prosinac). Indeks1  $PGI_P$  u zadnjem tromjesečju (listopad-prosinac) su uvijek manji od 1, što znači da je pad brojnosti kukuljica vrlo nagao i kratkog trajanja. Također, indeks  $PGP_P$  u listopadu su uglavnom veći od 1 i populacija kukuljica je veći dio vremena u porastu (P=81,8%), no indeksi  $PGI_P$  su uvijek manji od 1, što znači da u listopadu dolazi do naglog smanjenja brojnosti kukuljica u kratkim vremenskim intervalima.

Indeksi potencijala rasta odraslih jedinki ( $PGP_A$ ) prikazani su u Tablici 4.13. Promatrano na godišnjoj razini indeksi su u jedanaestogodišnjem razdoblju uglavnom manji od 1 i vjerojatnost da će populacija odraslih jedinki veći dio vremena biti u porasti iznosi samo 9,1%. Uspoređujući indekse  $PGP_A$ koji su uglavnom manji od 1 i  $PGI_A$  koji su u cijelom promatranom razdoblju jednaki 1 dolazimo do zaključka da je populacija odraslih jedinki karakterizirana naglim porastima brojnosti u kratkim vremenskim intervalima, dok je opadanje njihove brojnosti polagano i duljeg trajanja. Promatrano na razini tromjesečja vidljivo je da je u drugom tromjesečju (travanj-lipanj) najveća vjerojatnost da će populacija odraslih jedinki veći dio vremena biti u porastu (P=72,7%). Zanimljivo je da su indeksi  $PGP_A$ u trećem i četvrtom tromjesečju gotovo uvijek manji od 1, što znači da je populacija odraslih jedinki veći dio vremena u opadanju; ovi rezultati u suglasju su s indeksima  $PGI_A$  u istom razdoblju. Iz ovih rezultata se daje zaključiti da je drugo tromjesečje "kritično" za kontrolu vrste *Aedes vexans* budući da je prirast broja odraslih jedinki najveći u tom periodu, a isto tako vremenski populacija odraslih jedinki je veći dio vremena u porastu. Gledano na mjesečnoj razini u svibnju je najveća vjerojatnost da će populacija odraslih jedinki veći dio mjeseca biti u porastu. Tablica 4.6. Indeks intenziteta rasta stadija jajašca – Aedes vexans (PGI<sub>E</sub>) za period od 2005. – 2015. godine. Indeks intenziteta rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	<b>P</b> 1,01	<b>P</b> 7,75	0,96 🤟	0,98 🤟	0,51	NA	NA	🖣 7,07	0,72	0,00	1,14	0,98 🤟	🛉 1,03	0,92 🤟	0,51	NA	NA
2006	<b>P</b> 1,02	<b>P</b> 2,22	<b>P</b> 1,15	0,59 🤟	1,27	NA	0,00	<b>P</b> 2,22	0,64 🤟	2,17	0,63 🤟	0,20	<b>P</b> 2,00	0,17	1,27	NA	NA
2007	<b>P</b> 1,32	🖕 1,00	<b>1</b> ,53	0,89 🤟	<b>P</b> 5,06	NA	<b>A</b> 341,0	0,71	0,19 🤟	1,55	1,52	0,99 🤟	1,04	0,77	🖕 0,73	NA	NA
2008	<b>P</b> 1,00	<b>n</b> 1,79	<b>n</b> 1,09	0,91 🤟	0,86 🤟	NA	0,00	<b>n</b> 1,79	0,99 🤟	1,23	0,99 🤟	0,99 🤟	🖕 0,77	0,96 🤟	0,86 🤟	NA	NA
2009	<b>P</b> 1,00	<b>@</b> 6,81	0,96 🤟	0,85 🤟	0,78 🤟	NA	0,00	6,81	0,05 🤟	1,29	1,28	0,81 🤟	🛉 1,21	0,57	🖕 0,78	NA	NA
2010	<b>P</b> 1,12	<b>n</b> 1,50	<b>P</b> 1,11	0,88 🤟	4,89	NA	12457,8	🛉 1,12	0,00 🤟	3,21	1,07	🛉 1,11	🛉 1,76	0,44 🤟	0,92 🤟	NA	NA
2011	<b>P</b> 1,00	<b>4</b> 1,00	<b>P</b> 25,53	0,96 🤟	0,59 🤟	NA	0,00	0,00 🤟	0,00 🤟	<b>P</b> 29,51	<b>P</b> 25,53	1,16	0,62	0,81	🖕 0,59	NA	NA
2012	<b>P</b> 1,00	<b>P</b> 1,07	<b>P</b> 1,11	0,83 🤟	0,94 🤟	NA	0,00	0,63 🤟	<b>P</b> 11,94	0,90 🤟	<b>P</b> 1,11	0,86 🤟	0,68 🤟	🖕 0,96	<b>b</b> 0,94	NA	NA
2013	<b>P</b> 1,01	<b>P</b> 1,52	1,32	0,35 🤟	0,84 🤟	NA	179,17	0,54	0,56	1,04	<b>P</b> 2,32	0,18	<b>P</b> 2,20	0,33	0,63	NA	NA
2014	1,24	0,00 🤟	<b>P</b> 1,01	<b>P</b> 1,03	🗬 8,26	NA	0,00	0,00 🤟	NA	1,08	<b>P</b> 1,00	1,07	🛉 1,16	0,72	7,93	NA	NA
2015	<b>P</b> 1,01	<b>P</b> 1,15	<b>1</b> ,00	1,03	0,75 🤟	NA	0,00	0,40 🤟	<b>P</b> 1,06	1,05	0,89 🤟	1,13	0,84 🤟	<b>n</b> 1,25	0,75	NA	NA
Ρ	100,0%	72,7%	81,8%	18,2%	36,4%	0,0%	27,3%	4 <mark>5,5%</mark>	18,2%	81,8%	72,7%	36,4%	63, <mark>6</mark> %	9,1%	18,2%	0,0%	0,0%

Tablica 4.7. Indeks intenziteta rasta ličinki – Aedes vexans (PGI<sub>L</sub>) za period od 2005. – 2015. godine. Indeks intenziteta rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	<b>P</b> 1,00	<b>P</b> 53,38	0,84 🤟	🖣 1,18	0,19	NA	NA	<b>P</b> 53,38	🖕 0,97	0,28 🤟	1,05	🛉 1,44	🛉 1,31	🖕 0,79	0,16	1	1
2006	<b>P</b> 1,00	<b>4</b> 8,29	1,07	0,61 🤟	0,62 🤟	NA	1,00	<b>4</b> 8,72	0,88 🤟	<b>a</b> 3,27	0,68 🤟	0,23	<b>n</b> 1,42	0,42 🤟	0,45 🤟	1	1
2007	<b>P</b> 1,00	<b>P</b> 1,01	<b>P</b> 2,07	🖣 1,12	0,35 🤟	1,00	1,00	<b>P</b> 1,01	0,88 🤟	<b>a</b> 3,80	1,52	🛉 1,11	🖕 0,69	1,25	0,32	0,77 🤟	NA
2008	<b>P</b> 1,00	<b>P</b> 1,91	1,17	<b>P</b> 1,19	0,29 🤟	NA	1,00	🛉 1,91	<b>P</b> 5,54	1,57	0,45 🤟	<b>P</b> 2,01	0,57	<b>n</b> 1,46	0,30	0,14	1
2009	<b>P</b> 1,00	<b>4</b> 6,71	1,40	0,71	0,54	NA	NA	46,71	🛉 1,14	<b>n</b> 1,33	<b>P</b> 1,92	0,64	🖕 0,74	0,91 🤟	0,54	1,30	0,57
2010	<b>P</b> 1,00	<b>P</b> 1060	1,55	🖕 0,67	0,52	NA	1,00	<b>P</b> 1184,6	0,14	14,52	<b>P</b> 1,66	0,36	0,85 🤟	🖕 0,86	0,40	1	1,0
2011	<b>P</b> 1,00	<b>n</b> 1,27	1,22	<b>P</b> 1,08	0,45 🤟	1,00	NA	🛉 1,27	0,00	<b>P</b> 16,16	<b>P</b> 70,90	<b>P</b> 2,06	<b>b</b> 0,35	🖕 1,00	0,43 🤟	1	1
2012	<b>P</b> 1,00	<b>1</b> ,90	🗬 1,12	<b>b</b> 0,75	🖕 0,67	1,00	1,00	<b>P</b> 2,13	0,09 🤟	<b>P</b> 1,19	<b>1</b> ,77	<b>P</b> 1,36	🖕 0,37	<b>n</b> 1,00	0,61	1,16	0,95
2013	<b>P</b> 1,00	<b>P</b> 1,00	1,68	0,29 🤟	0,59 🤟	NA	1,00	<b>1</b> ,00	<b>P</b> 2,85	<b>n</b> 1,02	<b>a</b> ,65	0,09 🤟	<b>P</b> 2,97	0,54	0,59 🤟	0,79 🤟	NA
2014	<b>P</b> 1,00	<b>n</b> 1,00	<b>n</b> 1,14	<b>P</b> 1,23	0,54	NA	1,80	0,93 🤟	NA	<b>P</b> 19,09	0,90 🤟	0,98 🤟	<b>n</b> 1,40	<b>n</b> 1,47	0,37 🤟	0,84 🤟	1
2015	<b>P</b> 1,00	2,18	1,02	🖣 1,02	0,54	1,00	NA	<b>P</b> 2,18	0,66 🤟	🖣 1,53	0,73 🤟	🖕 0,70	<b>P</b> 1,08	🛉 1,85	0,49 🤟	1	1
Р	100,0%	100,0%	90,9%	5 <mark>4,5%</mark>	0,0%	36,4%	63 <mark>,</mark> 6%	90,9%	27,3%	90,9%	63,6%	45,5%	45,5%	45,5%	0,0%	27,3%	9,1%

Tablica 4.8. Indeks intenziteta rasta kukuljica – Aedes vexans (PGI<sub>P</sub>) za period od 2005. – 2015. godine. Indeks intenziteta rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	€1,00	NA	<b>P</b> 1,87	🖕 0,86	0,52	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 2,77	<b>n</b> 1,76	0,90	<b>P</b> 1,83	🖕 0,37	0,52	NA	NA
2006	-≫1,00	NA	<b>P</b> 1,05	1,02	0,33 🤟	NA	NA	NA	NA	🖕 1,00	<b>n</b> 1,10	1,02	0,87 🤟	1,33	0,33 🤟	NA	NA
2007	-≫1,00	NA	<b>P</b> 1,04	1,02	0,71	NA	NA	NA	NA	1,57	0,94 🤟	1,25	0,70	0,99 🤟	0,71	NA	NA
2008	€1,00	NA	1,15	0,93 🤟	৬ 0,77	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 1,09	🛉 1,15	1,06	0,94 🤟	🖕 0,79	🖕 0,77	NA	NA
2009	-≫1,00	NA	<b>P</b> 1,04	<b>1,00</b>	🖕 0,47	NA	NA	NA	NA	0,96 🤟	<b>n</b> 1,03	1,30	0,53	0,89 🤟	0,47 🤟	NA	NA
2010	-≫1,00	NA	<b>P</b> 1,24	0,88 🤟	0,80 🤟	NA	NA	NA	🖕 1,00	7,00	1,14	0,79 🤟	1,05	0,71	0,80 🤟	NA	NA
2011		NA	<b>P</b> 2,17	🖕 0,96	0,41	NA	NA	NA	🖕 1,00	NA	<b>P</b> 2,19	0,79 🤟	🛉 1,11	0,82 🤟	0,41	NA	NA
2012	-≫1,00	NA	<b>P</b> 1,37	🖕 0,70	0,29 🤟	NA	NA	NA	13,43	0,43 🤟	<b>P</b> 2,36	0,37	1,15	0,94 🤟	0,29 🤟	NA	NA
2013	→1,00	NA	<b>n</b> 1,02	<b>n</b> 1,09	0,17	NA	NA	NA	NA	0,55 🤟	<b>n</b> 1,03	1,23	0,52	<b>P</b> 30,73	0,17	NA	NA
2014	-≫1,00	NA	<b>P</b> 1,05	1,02	0,84 🤟	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 2,18	<b>n</b> 1,04	1,33	0,84 🤟	0,76	0,84 🤟	NA	NA
2015	-€1,00	NA	1,03	🖕 0,97	0,90 🤟	NA	NA	NA	NA	<b>n</b> 1,03	1,02	1,18	0,76	🖕 0,85	0,90	NA	NA
Р	0,0%	0,0%	100,0%	45,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	9,1%	54,5%	90,9%	63,6%	36,4%	18,2%	0,0%	0,0%	0,0%

Tablica 4.9. Indeks intenziteta rasta odraslih jedinki – Aedes vexans ( $PGI_A$ ) za period od 2005. – 2015. godine. Indeks intenziteta rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	-≫1,00	NA	4,64	0,71	0,44	NA	NA	NA	NA	NA	4,16	0,94 🤟	🖕 0,50	0,52	0,44 🤟	NA	NA
2006		NA	<b>1</b> ,21	0,70	0,43 🤟	NA	NA	NA	NA	<b>1</b> ,29	1,13	0,66	0,70	<b>b</b> 0,86	0,43 🤟	NA	NA
2007	€1,00	NA	<b>P</b> 1,64	0,98 🤟	0,30	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 2,09	1,51	1,30	৬ 0,77	0,62 🤟	0,30	NA	NA
2008		NA	<b>P</b> 1,64	0,86 🤟	0,16	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 1,81	1,42	0,60	🖕 0,97	<b>1</b> ,00	0,20	ψ ο	NA
2009		NA	<b>1</b> ,04	1,02	0,33 🤟	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 1,10	0,83 🤟	1,39	1,14	0,25 🤟	0,33	NA	NA
2010		NA	<b>P</b> 1,09	🖕 0,97	0,84	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 28,32	<b>1</b> ,01	1,13	1,86	0,07	0,84	NA	NA
2011		NA	9,64	0,96 🤟	0,23 🤟	NA	NA	NA	NA	NA	9,60	0,88 🤟	1,18	0,51	0,23	NA	NA
2012	-⇒1,00	NA	<b>1</b> ,49	0,59	0,39 🤟	NA	NA	NA	NA	0,83 🤟	<b>4</b> 3,06	0,28 🤟	0,78 🤟	<b>P</b> 1,06	0,39 🤟	NA	NA
2013		NA	<b>P</b> 1,31	0,60	0,30	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 1,02	1,69	0,55 🤟	0,57	🖣 1,17	0,30	ψ ο	NA
2014		NA	<b>P</b> 1,01	1,08	🖕 0,77	NA	NA	NA	NA	17,24	1,00	1,15	<b>1</b> ,01	<b>b</b> 0,97	0,77 🤟	NA	NA
2015		NA	<b>P</b> 1,01	1,11	0,35 🤟	NA	NA	NA	NA	1,07	0,95 🤟	1,24	0,74	1,54	0,35	NA	NA
Ρ	0,0%	0,0%	100,0%	27,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	72,7%	81,8%	45,5%	36,4%	36,4%	0,0%	0,0%	0,0%

Tablica 4.10. Indeks potencijala rasta stadija jajašca – Aedes vexans ( $PGP_E$ ) za period od 2005. – 2015. godine. Indeks potencijala rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M1	L	M12
2005	0,90	🖣 5,33	🖕 0,78	🖕 0,80	🖕 0,76	0,00 🤟	₩ 0,00	4,67	🖕 0,40	🖣 1,07		🖕 0,63	🖣 1,21	0,67	0,76	ψ 0		0
2006	<b>1</b> ,05	<b>P</b> 2,30	🖣 1,33	🖕 0,74	🖕 0,67	0,00 🤟	0,00 🤟	4,60	0,88 🤟	<b>P</b> 9,33	🖕 0,50	🖕 0,72	🛉 1,07	0,50	🖕 0,67	ψ 0	- 4	0
2007	1,17	🖕 0,70	🛉 1,20	🖕 0,74	<b>n</b> 3,43	0,00 🤟	<b>b</b> 0,8	🖕 0,67	<b>b</b> 0,78	🛉 1,58	<b>P</b> 1,14	0,72	<b>b</b> 0,82	🖕 0,67	<b>P</b> 1,14	ψ 0	- 4	0
2008	0,72	0,71	🖕 0,78	🖕 0,70	0,63	0,00 🤟	0,00 🤟		🖕 0,67	0,72		0,72	0,82 🤟	0,58 🤟	0,63 🤟	ψ 0		0
2009	0,99 🤟	4,75	1,02	🖕 0,67	<b>1</b> ,07	0,00 🤟	0,00 🤟	4,75	<b>b</b> 0,58	<b>P</b> 2,10	<b>4</b> 0,88	🖕 0,63	🛉 1,07	0,43 🤟	🛉 1,07	ψ 0		0
2010	<b>P</b> 1,36	<b>n</b> 1,08	🖣 1,31		<b>a</b> 2,80	0,00 🤟	→ 1,0	🛉 1,11	0,45 🤟	<b>P</b> 2,88	🖣 1,73	🖕 0,94	🛉 1,21	4 0,88		ψ 0	- 4	0
2011	0,98 🤟	0,82 🤟	<b>1</b> ,59	🖕 0,74	0,88 🤟	0,00	₩ 0,00	0,00	<b>b</b> 0,56	1,38	<b>4</b> 3,29	<b>b</b> 0,94	🖕 0,72	0,58 🤟	4 0,88	ψ ο	4	0
2012	0,94 🤟	0,88 🤟	🛉 1,12	🖕 0,88	🖕 0,76	0,00 🤟	0,00 🤟	0,82 🤟	🛉 1,73	🛉 1,07	🖕 0,76	🛉 1,07	🖕 0,63		⊎ 0,76	ψ 0		0
2013	<b>n</b> 1,20	4,13	🛉 1,05	🖕 0,96	🖕 0,89	0,00 🤟	<b>P</b> 13,00	🛉 1,71	0,81	🖕 0,82	🖣 1,73	0,55	<b>P</b> 1,38	🖣 1,14	🖕 0,67	ψ 0	- 4	0
2014	0,92 🤟	0,00	0,89 🤟	<b>1</b> ,09	<b>a</b> 2,67	0,00	₩ 0,00	0,00	0,00 🤟	<b>1</b> ,30	🖕 0,67	1,07	1,38	4 0,88	<b>P</b> 2,44	ψ ο	4	0
2015	<b>1</b> ,02	<b>a</b> 2,00	🖕 0,90		🖕 0,76	0,00 🤟	0,00	🖕 0,91	🛉 1,14	🛉 1,07	<b>4</b> 0,58	1,21	🖕 0,72	<b>P</b> 1,14	0,76	ψ ο	4	0
Р	45,5%	54,5%	63,6%	9,1%	36,4%	0,0%	9,1%	45,5%	18,2%	81,8%	36,4%	27,3%	54,5%	18,2%	27,3%	0	,0%	0,0%

Tablica 4.11. Indeks potencijala rasta stadija ličinki – Aedes vexans (PGP<sub>L</sub>) za period od 2005. – 2015. godine. Indeks potencijala rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	<b>P</b> 1,14	<b>P</b> 19,00	0,93 🤟	0,84	<b>1</b> ,64	NA	NA	<b>1</b> 6,00	<b>P</b> 2,63	0,36	0,88 🤟	0,55 🤟	<b>P</b> 1,21	🖕 0,88	🖣 1,82	<del>-}</del> 1,00	
2006	<b>1</b> ,05	<b>P</b> 10,67	0,60	0,88 🤟	1,28	NA	🖣 5,00	<b>P</b> 13,00	🖣 1,14	0,48 🤟	<b>b</b> 0,36	🖕 0,82	<b>P</b> 1,58	0,50	<b>P</b> 1,58	🖕 0,70	<b>P</b> 2,00
2007	<b>1</b> ,36	<b>A</b> 3,17	<b>b</b> 0,72	<b>b</b> 0,84	4,07	<b>P</b> 1,50	<b>P</b> 2,3	<b>P</b> 5,75	🖕 0,20	1,38		0,72	0,72	🛉 1,14	<b>P</b> 2,44	<b>4</b> 3,60	NA
2008	1,08	4,67	🛉 1,17	4 0,80	🖕 0,67	NA	<b>a</b> 3,00	<b>P</b> 5,25	4,00	0,94 🤟	0,50	1,07	0,55	0,88 🤟	<b>4</b> 0,82	0,33	
2009	<b>n</b> 1,19	🖣 7,67	<b>n</b> 1,02	⊎ 0,74	1,88	NA	NA	7,33	<del>-}</del> 1,00	0,82 🤟	🛉 1,31	0,72	🖕 0,48	🛉 1,14	<b>P</b> 2,10	<b>P</b> 1,60	<b>1</b> ,50
2010	<b>P</b> 2,24	🖣 8,33	4,06	⊎ 0,84	<b>1</b> 3,28	NA	<b>•</b> 5,0	<b>P</b> 19,00	<b>P</b> 3,29	<b>P</b> 5,20	4,00	0,82 🤟	<b>P</b> 1,07	🖕 0,67	4,17	<b>P</b> 1,40	<b>P</b> 10,00
2011	<b>P</b> 1,71	<b>P</b> 5,80	<b>a</b> 3,00	0,80 🤟	1,63	7,00	NA	🖣 5,00	0,64	🖣 5,20	14,00	🛉 1,07	0,55	0,88 🤟	<b>P</b> 1,82		🛉 1,50
2012	0,97 🤟	<b>A</b> 3,14	<b>4</b> 0,65	৬ 0,77	0,89 🤟	<b>P</b> 2,40	4,00	<b>P</b> 3,43	🖕 0,20	0,82	🛉 1,31	0,94 🤟	🖕 0,35	🛉 1,31	0,72	<b>P</b> 1,18	0,83
2013	<b>n</b> 1,26	<b>@</b> 6,50	<b>P</b> 1,20	⊎ 0,74	1,23	9,00	<b>@</b> 6,50	<b>P</b> 5,67	<b>n</b> 1,23	0,41	4,00	0,19	<b>P</b> 1,58	<del>-}</del> 1,00	<b>n</b> 1,21	<b>P</b> 1,25	NA
2014	<b>n</b> 1,09	<b>P</b> 1,81	🖕 0,84	🛉 1,04	1,04	<b>P</b> 1,33	<b>P</b> 1,40	<b>P</b> 2,25	0,00 🤟	<b>A</b> 3,17	0,30	0,55 🤟	<b>P</b> 1,07	<b>P</b> 2,00	🖣 1,07		
2015	🛉 1,17	<b>A</b> 3,10	0,86 🤟	0,92 🤟	1,58	4,00	NA	2,43	🖕 0,76	1,82	0,43	0,55 🤟	🖕 0,94	🖣 1,50	1,88	0,67 🤟	0,50
Р	90,9%	100,0%	45,5%	9,1%	81,8%	54,5%	63,6%	100,0%	45,5%	45,5%	45,5%	18,2%	45,5%	45,5%	81,8%	45,5%	36,4%

Tablica 4.12. Indeks potencijala rasta stadija kukuljice – Aedes vexans (PGP<sub>P</sub>) za period od 2005. – 2015. godine. Indeks potencijala rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	🖕 0,97	NA	1,82	0,46	<b>a</b> 3,60	NA	NA	NA	<b>a</b> 8,00	🛉 5,00	0,71	0,41	🖕 0,72	🖕 0,30	<b>a</b> 3,60	NA	NA
2006	<b>P</b> 1,05	<b>P</b> 10,67	0,60	0,88 🤟	1,28	NA	🖣 5,00	<b>P</b> 13,00	<b>P</b> 1,14	0,48 🤟	🖕 0,36	🖕 0,82	🖣 1,58	0,50	🖣 1,58	🖕 0,7	n 2
2007	<b>P</b> 1,14		<b>1</b> ,77	0,61	<b>6</b> ,50	NA	NA		NA	🖕 0,94		<b>b</b> 0,82	🖕 0,72	0,36	<b>e</b> ,50	NA	NA
2008	<b>n</b> 1,34	NA	<b>P</b> 1,80	৬ 0,77	4,00	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 2,10	0,50	<b>b</b> 0,94	🛉 1,07	<b>b</b> 0,43	4,80	ψ ο	NA
2009	<b>n</b> 1,12	NA	<b>1</b> ,32		🖕 0,89	NA	NA	NA	NA	0,82 🤟	0,43 🤟	<b>1</b> ,38	🖕 0,82	4 0,88	🖕 0,89	NA	NA
2010	<b>n</b> 1,29	NA	<b>P</b> 1,70	⊎ 0,56	<b>1</b> 3,00	NA	NA	NA	<b>P</b> 20,00	<b>P</b> 2,00	0,58 🤟	0,41	🖕 0,94	<b>b</b> 0,43	<b>P</b> 13,00	NA	NA
2011	<b>P</b> 1,51	NA	<b>P</b> 3,18	0,92 🤟	<b>1</b> ,40	NA	NA	NA	<b>P</b> 13,00	<b>P</b> 12,50	<b>P</b> 1,14	<b>1</b> ,07	🛉 1,07	0,67	<b>1</b> ,40	NA	NA
2012	<b>P</b> 1,14	<b>@</b> 16,00	<b>P</b> 1,46		🖕 0,29	NA	NA	16,00	<b>P</b> 29,00	0,29 🤟	<b>P</b> 1,50	🛉 1,21	🛉 1,21	0,67	🖕 0,29	NA	NA
2013	<b>1</b> ,35	NA	<b>P</b> 1,11	🛉 1,19	<b>\$</b> ,25	NA	NA	NA	NA	0,55	🖕 0,88	🛉 1,21	0,41	4,00	🖣 7,00	ψ ο	NA
2014	0,85 🤟	4,00	0,96 🤟	⊎ 0,64	🛉 1,33	NA	NA	4,00	NA	<b>P</b> 2,00	🖕 0,67	<b>n</b> 1,21	0,41	0,50	🖣 1,33	NA	NA
2015	<b>P</b> 1,13	NA	1,08	0,70	🛉 5,40	NA	NA	NA	<b>P</b> 19,00	0,63 🤟	0,58 🤟	🛉 1,21	🖕 0,72	<b>b</b> 0,36	<b>6</b> ,75	ψ ο	NA
Р	81,8%	27,3%	81,8%	9,1%	81,8%	0,0%	9,1%	27,3%	54,5%	45,5%	18,2%	54,5%	86,4%	9,1%	81,8%	0,0%	9,1%

Tablica 4.13. Indeks potencijala rasta odraslih jedinki – Aedes vexans (PGP<sub>A</sub>) za period od 2005. – 2015. godine. Indeks potencijala rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	🖕 0,57	NA	0,79	0,46	🖕 0,48	NA	NA	NA	0,50	1,36	0,58 🤟	0,55	0,41	0,43	<b>b</b> 0,48	NA	NA
2006	0,74	NA	<b>1</b> ,65	0,46 🤟	0,45 🤟	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 3,43	0,58 🤟	0,63 🤟	🖕 0,48	🖕 0,30	<b>b</b> 0,48	ψ ο	NA
2007	<b>b</b> 0,92	NA	1,76	0,74	🖕 0,30	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 1,38	0,88 🤟	<b>1</b> ,07	🖕 0,94	0,36	<b>b</b> 0,32	ψ ο	NA
2008	🖕 0,93	NA	<b>P</b> 2,59	0,56	🖕 0,36	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 3,43		0,48 🤟	🖕 0,82	0,43	0,41	ψ ο	NA
2009	0,67 🤟	NA	1,02	0,59	<b>b</b> 0,28	NA	NA	NA	NA	1,07	0,15	1,07	<b>b</b> 0,72	0,20	0,29 🤟	ψ ο	NA
2010	1,08	NA	<b>P</b> 1,44	0,67	🛉 1,67	NA	NA	NA	1,08	<b>P</b> 2,88		0,55	1,21	0,43	1,82	ψ ο	NA
2011	0,98 🤟	NA	<b>P</b> 2,39	0,80	🖕 0,14	NA	NA	NA	<b>P</b> 1,86	<b>P</b> 1,80	4,00	0,82 🤟	🖕 0,63		0,15 🤟	ψ ο	NA
2012	0,88 🤟	4,00	<b>P</b> 1,31	🖕 0,77	<b>b</b> 0,23	NA	NA	4,00	NA	⊎ 0,19	1,31	0,63 🤟	🖕 0,94	0,76	0,24	ψ ο	NA
2013	<b>b</b> 0,59	NA	0,92 🤟	0,64	🖕 0,07	NA	NA	NA	NA	<b>b</b> 0,35	1,14	0,94 🤟	0,55	0,50	0,07	ψ ο	NA
2014	<b>4</b> 0,88	NA	<b>1,56</b>	0,77	🖕 0,60	NA	NA	NA	NA	<b>1</b> 0,00		0,82	0,72	0,76	0,63	ψ ο	NA
2015	0,91 🤟	NA	0,93 🤟	0,92	0,88 🤟	NA	NA	NA	<b>A</b> 3,00	0,94 🤟	0,50	1,21	0,72	0,88 🤟	0,94 🤟	ψ ο	NA
Р	9,1%	9,1%	72,7%	0,0%	9,1%	0,0%	0,0%	9,1%	27,3%	72,7%	27,3%	27,3%	9,1%	0,0%	9,1%	0,0%	0,0%

# 4.3. Dinamika populacije komaraca Culex pipiens u periodu od 2005.-2015. godine

Za vrstu *Culex pipien*s napravljene su dvije vrste modela; u prvom modelu definiran je konstantan kapacitet okoliša, dok je u drugoj verziji modela kapacitet okoliša promjenjiv i mijenja se u ovisnosti o kiši, odnosno broju kišnih dana.

Dinamika populacije komaraca Culex pipiens u 2005. godini u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša pokazuje da ženke prva jajašca poliježu početkom travnja (Slika 4.14.). Nakon prvog populacijskog maksimuma slijedi ih još 5, a ženke jajašca poliježu sve do kraja rujna. Dinamika populacije ličinki karakterizirana je također se 6 populacijskih maksimuma. Prve ličinke pojavljuju se sredinom travnja i prisutne su sve do kraja rujna. Kukljice se pojavljuju tek krajem svibnja, što ukazuje na dugi razvoj ličinki u prvom populacijskom maksimumu; vjerojatno zbog nižih temperatura zraka. Populacija kukuljica okarakterizirana je sa 4 populacijska maksimuma a kukuljice su prisutne u okolišu do kraja rujna. Odrasle jedinke iz dijapauze počinju izlaziti početkom travnja, kada i poliježu prva jajašca te broj odraslih jedinki počinje opadati. Tijekom 2005. godine populacija odraslih jedinki okarakterizirana je s 4 populacijska maksimuma, prvi se pojavljuje u lipnju, a zadnji krajem kolovoza i u prvoj polovici rujna. Broj dijapauzirajućih ženki na kraju godine manji je od broja dijapauzirajućih ženki na početku godine. Model s promjenjivim kapacitetom okoliša dao je vrlo slične rezultate (Slika 4.15). Usporedbom modela vidljivo je da je sama vremenska dinamika kao i početak pojave pojedinih razvojnih stadija identičan kao i modelu s fiksnim kapacitetom okoliša. Model s promjenjivim kapacitetom okoliša za stadij jajašca pokazuje, kao i model s fiksnim kapacitetom okoliša, da je tijekom 2005. godine prisutno 6 populacijskih maksimuma, s time da je prvi populacijski maksimum u ovoj verziji modela znatno manjeg intenziteta. Slično je i kod stadija ličinki, gdje je također prisutno 6 populacijskih maksimuma, a prvi je također znatno manjeg intenziteta u odnosu na model s konstantnim kapacitetom okoliša. Dinamika stadija kukuljice i stadija odraslih jedinki u oba modela tijekom perioda sezone je identična u vremenskom smislu i u intenzitetu pojedinih populacijskih maksimuma. Razlika se pojavljuje kod odraslog stadija u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša u kojem je broj dijapauzirajućih ženki na kraju godine veći u odnosu na broj dijapauzirajućih ženki na početku godine.

U modelu s konstantnim kapacitetom okoliša tijekom 2006. godine ženke prva jajašca poliježu na samom kraju ožujka i početku travnja (Slika 4.16). Populacija jajašca karakterizirana je s 5 populacijskih maksimuma, a jajašca su u okolišu prisutna do sredine rujna. Ličinke se pojavljuju početkom travanja i prisutne se sve do kraja rujna. Populacija ličinki karakterizirana je s 5 populacijskih maksimuma. Kukuljice se pojavljuju sredinom svibnja i prisutne su do kraja rujna. Populacija kukuljica je također karakterizirana s 5 populacijskih maksimuma. Odrasle jedinke iz dijapauze izlaze sredinom travnja, te se njihov broj po izlasku iz dijapauze i nakon polijeganja jajašaca počinje smanjivati. Tijekom reproduktivne sezone pojavljuje se 4 populacijska maksimuma u dinamici odraslih jedinki, s time da je treći maksimum globalni a pojavljuje sredinom srpnja i traje do sredine kolovoza. Broj dijapauzirajućih ženki na kraju godine manji je od broja dijapauzirajućih ženki na početku godine. Za 2006. godinu model s promjenjivim kapacitetom okoliša daje drugačiji rezultat primarno u smislu promjena u intenzitetu pojedinih populacijskih maksimuma dok njihov broj kao i njihovo trajanje ostaje relativno nepromijenjeno u odnosu na model s konstantnim kapacitetom okoliša (Slika 4.17). U stadiju jajašca kroz sezonu pojavljuje se, kao i u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša, 5 populacijskih maksimuma no intenziteti pojedinih maksimuma u dva modela su različiti. U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša globalni populacijski maksimum je zadnji maksimum koji se pojavljuje na prijelazu sa kolovoza na rujan. Kod ličinačkog stadija također se pojavljuje 5 populacijskih maksimuma, no za razliku od modela s konstantnim kapacitetom okoliša u kojem je svih 5 maksimuma ujednačenog intenziteta, kod modela s promjenjivim kapacitetom okoliša dolazi do smanjenja intenziteta prvog i četvrtog populacijskog maksimuma. Kod stadija kukuljica također dolazi do promjena intenziteta pojedinih populacijskih maksimuma, pa je u ovom modelu prvi populacijski maksimum globalni. Kod odraslih jedinki također dolazi do promjena u intenzitetu pojedinih populacijskih maksimuma, te je u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša najjačeg intenziteta prvi populacijski maksimum (globalni maksimum) koji se pojavljuje na prijelazu svibanj/lipanj, dok je kod modela s konstantnim kapacitetom okoliša treći populacijski maksimum globalni, a pojavljuje se na prijelazu srpanj/kolovoz. Kao i kod modela s konstantnim kapacitetom okoliša broj dijapauzirajućih ženi na kraju godine je manji od broja dijapauzirajućih ženki na početku godine.

Dinamika populacije vrste Culex pipiens u 2007. godini u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša prikazana je na Slici 4.18. Prva jajašca ženke poliježu sredinom travnja a populacija jajašca karakterizirana je s 5 populacijskih maksimuma. Jajašca su prisutna do kraja rujna. Ličinke se pojavljuju sredinom travnja i prisutne su do kraja rujna, a tijekom sezone pojavljuje se 5 populacijskih maksimuma. Kukuljice se pojavljuju u prvom dijelu svibnja i prisutne su do kraja rujna. Odrasle jedinke iz dijapauze počinju izlaziti sredinom travnja. Tijekom reproduktivne sezone pojavljuje se 4 populacijska maksimuma, u kojem su prva tri relativno ujednačenog intenziteta, a zadnji koji se pojavljuje u prvoj polovici kolovoza i traje skoro do kraja rujna je najmanjeg intenziteta. Broj dijapauzirajućih ženki na kraju godine značajno je manji od broja dijapauzirajućih ženki na početku godine. Model s promjenjivim kapacitetom okoliša za 2007. godinu prikazan je na Slici 4.9. Kod stadija jajašca dolazi do promjene intenziteta prvog populacijskog maksimuma, koji se značajno smanjuje, a ostali populacijski maksimumi pojavljuju se u jednako vrijeme kao i u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša. Kod stadija ličinki također dolazi do smanjenja intenziteta prvog populacijskog maksimuma, te se može govoriti o ukupno 4 populacijska maksimuma, a ne 5 kao u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša. Kod kukuljica dinamika je relativno slabo razlučena, no možemo govoriti o 4 populacijska maksimuma. Kao i kod prethodna dva razvojna stadija dolazi do smanjenja intenziteta prvog populacijskog maksimuma. Dinamika odraslih jedinki okarakterizirana je s 4 populacijska maksimuma jednako kao i u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša, no drugi populacijski maksimum koji se pojavljuje u lipnju je najvećeg intenziteta (globalni maksimum), a kod trećeg populacijskog maksimuma dolazi do znatnog skraćivanja trajanja. Broj dijapauzirajućih ženki na kraju godine veći je od broja dijapauzirajućih jedinki na početku godine.

U 2008. godini u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša prva jajašca pojavljuju se u prvom dijelu travnja i prisutna su sve do kraja rujna (Slika 4.20.). Tijekom godine populacija jajašca karakterizirana je s 6 populacijskih maksimuma. Ličinke se pojavljuju naglo, sredinom travnja i prisutne su do kraja rujna. Tijekom sezone pojavljuje se 6 populacijskih maksimuma. Kukuljice se pojavljuju sredinom svibnja, a tijekom godine pojavljuje se 5 populacijskih maksimuma. Odrasle jedinke iz dijapauze izlaze sredinom travnja. Tijekom reproduktivne sezone pojavljuju se 4 populacijskih maksimuma, od kojih je prvi koji se pojavljuje na prijelazu svibanj/lipanj najvećeg intenziteta (globalni maksimum). Broj dijapauzirajućih ženki na kraju godine veći je od broja dijapauzirajućih ženki na početku godine. U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša razvojni stadiji se pojavljuju u isto vrijeme kao i u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša, no dolazi do promjene broja populacijskih maksimuma kod pojedinih razvojnih stadija i promjene njihovog intenziteta (Slika 4.21). Kod stadija jajašca broj populacijskih maksimuma jednak je u oba modela kao i njihova vremenska pojavnost, no u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša dolazi do smanjenja intenziteta prvog, te povećanja intenziteta trećeg i četvrtog populacijskog maksimuma. Kod ličinačkog stadija u oba modela tijekom sezone prisutno je 6 populacijskih maksimuma, no u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša dolazi do povećanja intenziteta trećeg, četvrtog i petog populacijskog maksimuma. Dinamika stadija kukuljice slabije je razlučena u drugom dijelu sezone te možemo govoriti o četiri a ne pet populacijskih maksimuma. Također, dolazi do promjena u intenzitetu pojedinih populacijskih maksimuma, pa je u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša najvećeg intenziteta drugi maksimum koji se pojavljuje u lipnju. Kod odraslih jedinki u oba modela možemo govoriti o četiri populacijska maksimuma, no u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša prva dva maksimuma su dominantna, dok je kod modela s promjenjivim kapacitetom okoliša drugi maksimum globalni, odnosno najintenzivniji. Broj dijapauzirajućih ženki na kraju godine, isto kao i u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša, veći je od broja dijapauzirajućih ženki na početku godine.

Dinamika razvojnih stadija u 2009. godini u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša prikazana je na Slici 4.22. Prva jajašca pojavljuju se početkom travnja, a tijekom sezone pojavljuje se 5 populacijskih maksimuma. Jajašca su prisutna u okolišu do kraja rujna. Ličinke se pojavljuju početkom travnja i tijekom sezone se pojavljuje 5 populacijskih maksimuma. Ličinke su također prisutne do kraja ruina. Kukuliice se pojavliuju u prvom dijelu svibnia, a tijekom reproduktivne sezone pojavljuje se ukupno 4 populacijska maksimuma. Odrasle jedinke izlaze iz dijapauze početkom travnja, a u dijapauzu ulaze krajem rujna. Tijekom reproduktivne sezone kod odraslih jedinki pojavljuju se 4 populacijska maksimuma s time da je najvećeg intenziteta prvi (globalni maksimum), koji se pojavljuje sredinom svibnja i traje do polovice lipnja. Broj dijapauzirajućih ženki na kraju godine manji je od broja dijapauzirajućih ženki na kraju godine. U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša dolazi do promjena u odnosu pojedinih populacijskih maksimuma (Slika 4.23). Kod stadija jajašca, dolazi do smanjenja intenziteta prvog maksimuma u odnosu na model s konstantnim kapacitetom okoliša, te povećanja intenziteta trećeg maksimuma. U oba modela kod stadija jajašca prisutno je 5 populacijskih maksimuma. Kod stadija ličinki u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša dolazi do smanjenja intenziteta prvog populacijskog maksimuma, te stapanja zadnje dva populacijska maksimuma u jedan, tako da možemo govoriti o četiri populacijska maksimuma tijekom sezone. Kod kukuljica u oba modela tijekom reproduktivne sezone prisutna su 4 populacijska maksimuma, no odnosi intenziteta među najezdama su promijenjeni. Kod odraslih jedinki u oba modela po intenzitetu je dominantan prvi populacijski maksimum (globalnim maksimum) koji se pojavljuje sredinom lipnja i traje do polovice lipnja, no u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša dolazi do povećanja intenziteta preostala tri populacijska maksimuma u odnosu na model s konstantnim kapacitetom okoliša. Broj dijapauzirajućih ženki u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša je veći je na kraju godine.

Tijekom 2010. godine u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša prva jajašca pojavljuju se već krajem ožujka, a tijekom reproduktivne sezone pojavljuje se 5 dobro diferenciranih populacijskih maksimuma ujednačenog intenziteta (Slika 4.24.). Jajašca su u okolišu prisutna kontinuirano sve do kraja rujna. Ličinke se pojavljuju odmah početkom travnja, a populaciju karakterizira 5 populacijskih maksimuma također ujednačenog intenziteta. Kukuljice se pojavljuju na početku svibnja i prisutne su do kraja rujna, s četiri populacijska maksimuma tijekom reproduktivne sezone. Odrasle jedinke iz dijapauze izlaze početkom travnja. Tijekom sezone, kod odraslih jedinki pojavljuju se 4 populacijska maksimuma, a po intenzitetu je najveći zadnji, koji se pojavljuje sredinom kolovoza i traje sve do sredine rujna (globalni maksimum). Broj dijapauzirajućih ženki na kraju godine manji je od broja dijapauzirajućih ženki na početku godine. U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša, kod populacije jajašaca također se pojavljuje 5 populacijskih maksimuma no odnos među pojedinim populacijskim maksimumima je izmijenjen (Slika 4.25). Dolazi do znatnog smanjenja intenziteta prvog, trećeg, četvrtog i petog populacijskog maksimuma. Dominantan populacijski maksimum po intenzitetu je drugi, koji se pojavljuje na prijelazu lipanj/srpanj. Kod stadija ličinki u oba modela može se govoriti o pet populacijskih maksimuma, no u modelu s promjenijvim kapacitetom okoliša dolazi do smanjenja prvog i povećanja intenziteta drugog populacijskog maksimuma. Dinamika stadija ličinke u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša slabije je razlučena u odnosu na model s konstantnim kapacitetom okoliša, no tijekom reproduktivne sezone pojavljuju se tri populacijska maksimuma. Dinamika odraslih jedinki također je slabije razlučena u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša. Tijekom reproduktivne sezone dominira prvi populacijski maksimum koji se pojavljuje na prijelazu lipanj/srpanj. Broj dijapauzirajućih ženki je jednak na početku i kraju reproduktivne sezone.

Populacija jajašca u 2011. godini u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša karakterizirana je s 5 populacijskih maksimuma (Slika 4.26). Jajašca se kao i prethodnih godina pojavljuju početkom travnja i

prisutna su u okolišu sve do kraja rujna. Ličinke se pojavljuju također početkom travnja, a tijekom reproduktivne sezone pojavljuje se ukupno 5 populacijskih maksimuma, od kojih su drugi koji se pojavljuje na prijelazu lipanj/srpanj i peti koji se pojavljuje na početku kolovoza i traje do kraja rujna, manjeg intenziteta. Kukuljice se pojavljuju sredinom svibnja i tijekom sezone pojavljuje se ukupno 5 populacijskih maksimuma. Odrasle jedinke iz dijapauze izlaze sredinom travnja. Tijekom reproduktivne sezone u 2011. godini kod odraslih jedinki pojavljuju se 4 populacijska maksimuma, a intenzitetom i trajanjem je najjači zadnji, koji se pojavljuje u kolovozu i traje do polovice rujna. Broj dijapauzirajućih ženki na kraju godine manji je od broja dijapauzirajućih ženki na početku godine. U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša kod stadija jajašaca dolazi do smanjenja prvog populacijskog maksimuma, dok odnosi u ostala četiri populacijska maksimuma ostaju slični (Slika 4.27). Kod stadija ličinki u oba modela prisutno je ukupno 5 populacijskih maksimuma, no u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša dolazi do smanjenja intenziteta prvog maksimuma i skraćivanja trajanja zadnjeg populacijskog maksimuma. Kod stadija kukuljice dinamika je vrlo slična osim pred kraj reproduktivne sezone kada se gubi kratak populacijski maksimum u na prijelazu kolovoz/rujan. Kod odraslih jedinki u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša prisutno je ukupno 5 populacijskih maksimuma od kojih je zadnji najmanjeg intenziteta. Populacijski maksimum odraslih jedinki koji traje gotovo mjesec dana (kolovoz) u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša znatno je skraćen u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša, no nakon njega pojavljuje se još jedan populacijski maksimum znatno manjeg intenziteta. Broj dijapauzirajućih ženki veći je od broja dijapauzirajućih ženki na početku godine.

Rezultat modela s konstantnim kapacitetom okoliša za 2012. godinu prikazan je na Slici 4.28. Tijekom 2012. godine prva jajašca pojavljuju se krajem ožujka. Tijekom reproduktivne sezone po intenzitetu dominira prvi populacijski maksimum, a nakon njega pojavljuje se još 6 slabo diferenciranih populacijskih maksimuma. Ličinke se pojavljuju krajem ožujka i prisutne su do kraja rujna. Kao i kod jajašaca, po intenzitetu dominira prvi populacijski maksimum, a nakon njega slijedi još 6 populacijskih maksimuma. Kukuljice se pojavljuju krajem travnja i prisutne se do kraja rujna, a tijekom sezone pojavljuje se ukupno 6 populacijskih maksimuma. Odrasle jedinke iz dijapauze počinju izlaziti krajem ožujka. Reproduktivnu sezonu odraslih karakterizira 5 populacijskih maksimuma. Intenzitetom je najjači pik koji se pojavljuje u srpnju (globalni maksimum), a ostali populacijski maksimumi su manjeg intenziteta. Broj dijapauzirajućih ženki na kraju godine manji je od broja dijapauzirajućih ženki na početku godine. Model s promjenjivim kapacitetom okoliša pokazuje bitno različitu dinamiku svih razvojnih stadija (Slika 4.29). Dinamika stadija jajašca slabije je diferencirana u oba modela. U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša dolazi do smanjenja intenziteta prvog populacijskog maksimuma i povećanja intenziteta drugog maksimuma. Dinamika u ostalom dijelu reproduktivne sezone je slabije diferirana pa je nemoguće govoriti u točnom broju vremenski precizno odijeljenih populacijskih pikova. Kod stadija ličinki prva dva populacijska maksimuma su jasno vremenski diferencirana dok u ostalom dijelu reproduktivne sezone nije moguće precizno definirati populacijske maksimume. Također, u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša prvi populacijski maksimum počinje kasnije u odnosu na model s konstantnim kapacitetom okoliša. U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša intenzitetom je dominantan drugi populacijski maksimum (globalni maksimum) koji se pojavljuje na prijelazu lipanj/srpanj, dok je u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša dominantan prvi populacijski maksimum. Dinamika stadija kukuljice također je slabije diferencirana, posebice u drugom dijelu reproduktivne sezone. Kod odraslih jedinki također dolazi do znatnijih promjena u dinamici u odnosu na model s konstantnim kapacitetom okoliša. Tijekom reproduktivne sezone kod odraslih se pojavljuje 5 slabije diferenciranih populacijskih maksimuma. Prvi populacijski maksimum koji se pojavljuje u drugom dijelu svinja i traje do polovice lipnja je najjačeg intenziteta. Broj dijapauzirajućih ženki na kraju reproduktivne sezone veći je od broja dijapauzirajućih ženki na početku godine.

U 2013. godini u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša jajašca se pojavljuju sredinom travnja (Slika 4.11.). Tijekom sezone pojavljuje se 6 slabije diferenciranih populacijskih maksimuma. Ličinke se pojavljuju pred kraj travnja, a kao i kod jajašaca pojavljuje se 6 populacijskih maksimuma. Kukuljice se

pojavljuju počekom svibnja, no njihova dinamika je slabo diferencirana pa nije moguće precizno odrediti broj populacijskih makimuma. Odrasle jedinke iz dijapauze izlaze sredinom travnja, a tijekom reproduktivne sezone može se govoriti o ukupno 3 populacijska maksimuma. Zadnji koji je najduljeg trajanja počinje sredinom srpnja i traje sve do početka rujna. Za 2013. godinu je karakteristično da je broj dijapauzirajućih ženki na kraju godine značajno manji je od broja dijapauzirajućih ženki na kraju godine. Model s promjenjivim kapacitetom okoliša za 2013. godine daje različitu dinamiku razvojnih stadija u odnosu na model s konstantnim kapacitetom okoliša. Kod stadija jajašca pojavljuje se 6 slabije diferenciranih populacijskih maksimuma, pri čemu je najjačeg intenziteta maksimum koji se pojavljuje polovicom svibnja i traje do sredine lipnja, a intenzitet prvog populacijskog maksimuma smanjen je u odnosu na model s konstantnim kapacitetom okoliša. Ličinke se kao i u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša pojavljuju pred kraj travnja, a tijekom reproduktivne sezone može se govoriti o ukupno 4 populacijska maksimuma od kojih su 4 vrlo malog intenziteta. Također, u odnosu na model s konstantnim kapacitetom okoliša intenzitet prvog populacijskog maksimuma ličinki je smanjen. Dinamika stadija kukuljice slabije je razlučena no može se govoriti o ukupno 5 populacijskih maksimuma. U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša intenzitet zadnja dva populacijska maksimuma je smanjen u odnosu na model s konstantnim kapacitetom okoliša. Kod odraslih jedinki tijekom reproduktivne sezone pojavljuje se ukupno 5 populacijskih maksimuma. Prvi koji se pojavljuje sredinom svibnja i traje do polovice lipnja najjačeg je intenziteta. Ostali populacijski maksimumi slabije su diferencirani. Broj dijapauzirajućih ženki na kraju reproduktivne sezone neznatno je manji od broja dijapauzirajućih ženki na početku godine.

Dinamika populacije u 2014. godini u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša prikazana je na Slici 4.32. Jajašca se pojavljuju početkom travnja, a tijekom reproduktivne sezone u kojoj je dinamika stadija jajašca slabo razlučena intenzitetom se ističu populacijski maksimumi u travnju i u lipnju/srpnju. Ličinke se pojavljuju početkom travnja. Također, po intenzitetu dominiraju populacijski maksimumi u travnju/svibnju i lipnju. Dinamika stadija ličinki također je vrlo slabo diferencirana i dobro su razlučeni samo prvi i drugi populacijski maksimum. Kukuljice se pojavljuju početkom svibnja, a dinamika je kao i kod prethodnih razvojnih stadija slabo razlučena, pri čemu intenzitetom dominira prvi populacijski maksimum. Odrasle jedinke iz dijapauze izlaze početkom travnja. Tijekom reproduktivne sezone po intenzitetu dominira prvi populacijski maksimum koji se pojavljuje s drugom dijelu svibnja i prvom dijelu lipnja. Ostatak perioda reproduktivne sezone ne može se govoriti o populacijskim maksimumima, budući da dinamika kao i kod prethodnih razvojnih stadija nije dobro diferencirana. U periodima od sredine lipnja do kraja rujna brojnost populacije odraslih jedinki je vrlo mala, a broj odraslih jedinki koji ulaze u dijapauzu na kraju godine značajno manji je od broja dijapauzirajućih ženki na početku godine. Model s promjenjivim kapacitetom okoliša za stadij kukuljice i odrasle jedinke daje gotovo identičan rezultat (Slika 4.33). Kod stadija jajašca u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša dolazi do smanjenja intenziteta prvog populacijskog maksimuma koji se pojavljuje u travnju. U ostalom dijelu reproduktivne sezone dinamika je slična u oba modela. Po intenzitetu dominira drugi populacijski maksimum koji se pojavljuje na prijelazu svibanj/lipanj. Kod stadija ličinke dinamike su u oba stadija slične, no kao i kod jajašca dolazi do smanjenja intenziteta prvog populacijskog maksimuma koji se pojavljuje tijekom travnja i traje sve do kraja svibnja. Intenzitetom dominira drugi populacijski maksimum koji se pojavljuje na prijelazu svibanj/lipanj. Dinamika stadija kukuljice i odraslih jedinki je identična u oba modela. Kod oba razvojna stadija dominiraju prvi populacijski maksimumi dok je u preostalom dijelu reproduktivne sezone dinamika slabo diferencirana i nije moguće govoriti o pojedinim populacijskim maksimumima. Broj dijapauzirajućih jedinki na kraju reproduktivne sezone je veći od broja dijapauzirajućih jedinki na početku sezone.

Dinamika populacije po razvojnim stadijima u 2015. godini u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša prikazana je na Slici 4.34.. Dinamika svih razvojnih stadija jasno je diferencirana. Jajašca se pojavljuju u prvom dijelu travnja, a tijekom reproduktivne sezone pojavljuje se ukupno 7 populacijskih maksimuma. Ličinke se pojavljuju sredinom travnja, kao i kod jajašca prisutno je 7 populacijskih

maksimuma tijekom sezone. Intenzitetom dominira prvi maksimum (globalni maksimum) koji se pojavljuje u polovici travnja i traje do polovice svibnja. Kukuljice se pojavljuju početkom svibnja, a tijekom reproduktivne sezone možemo govoriti o 5 populacijskih maksimuma. Odrasle jedinke iz dijapauze izlaze početkom travnja., a dinamika je tijekom reproduktivne sezone karakterizirana sa 4 populacijska maksimuma ujednačenog intenziteta. Broj dijapauzirajućih ženki na kraju godine manji je od broja dijapauzirajućih ženki na početku godine. U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša jajašca se također pojavljuju u prvom dijelu travnja a tijekom sezone pojavljuje se ukupno 7 populacijskih maksimuma (Slika 4.35). U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša dolazi do promjene intenziteta populacijskih maksimuma, pri čemu dominiraju drugi i treći maksimum, koji se pojavljuju na prijelazu svibanj/lipanj, te u drugom dijelu svibnja i početkom lipnja. Kod stadija ličinki također možemo govoriti o ukupno 7 populacijskih maksimuma tijekom reproduktivne sezone u 2015., pri čemu u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša dolazi do smanjenja intenziteta prvog populacijskog maksimuma i povećanja intenziteta drugog i trećeg maksimuma. Kod stadija kukuljice tijekom reproduktivne sezone prisutno je ukupno 5 populacijskih maksimuma, s time da se prvi maksimum pojavljuje nešto kasnije u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša. Kod odraslih jedinki dinamika je različita u odnosu na model s konstantnim kapacitetom okoliša. Tijekom reproduktivne sezone prisutno je ukupno 6 populacijskih pikova, a po intenzitetu dominiraju prva tri, dok su preostala tri manjeg intenziteta. U odnosu na model s konstantnim kapacitetom okoliša došlo je do razdjeljivanja zadnjeg populacijskog maksimuma na dvije te pojave još jednog maksimuma tijekom rujna. Broj dijapauzirajućih ženki na kraju reproduktivne sezone u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša veći je od broja dijapauzirajućih ženki na početku sezone.



Slika 4.14. Simulacija dinamike populacije komaraca C. pipiens tijekom 2005. godine (model s konstantnim kapacitetom okoliša).



Slika 4.15. Simulacija dinamike populacije komaraca C. pipiens tijekom 2005. godine (model s promjenjivim kapacitetom okoliša).



Slika 4.16. Simulacija dinamike populacije komaraca C. pipiens tijekom 2006. godine (model s konstantnim kapacitetom okoliša)



Slika 4.17. Simulacija dinamike populacije komaraca C. pipiens tijekom 2006. godine (model s promjenjivim kapacitetom okoliša).



Slika 4.18. Simulacija dinamike populacije komaraca C. pipiens tijekom 2007. godine (model s konstantnim kapacitetom okoliša).



Slika 4.19. Simulacija dinamike populacije komaraca C. pipiens tijekom 2007. godine (model s promjenjivim kapacitetom okoliša).



Slika 4.20. Simulacija dinamike populacije komaraca C. pipiens tijekom 2008. godine (model s konstantnim kapacitetom okoliša).



Slika 4.21. Simulacija dinamike populacije komaraca C. pipiens tijekom 2008. godine (model s promjenjivim kapacitetom okoliša).



Slika 4.22. Simulacija dinamike populacije komaraca C. pipiens tijekom 2009. godine (model s konstantnim kapacitetom okoliša).



Slika 4.23. Simulacija dinamike populacije komaraca C. pipiens tijekom 2009. godine (model s promjenjivim kapacitetom okoliša).



Slika 4.24. Simulacija dinamike populacije komaraca C. pipiens tijekom 2010. godine (model s konstantnim kapacitetom okoliša).



Slika 4.25. Simulacija dinamike populacije komaraca C. pipiens tijekom 2010. godine (model s promjenjivim kapacitetom okoliša).



Slika 4.26. Simulacija dinamike populacije komaraca C. pipiens tijekom 2011. godine (model s konstantnim kapacitetom okoliša).



Slika 4.27. Simulacija dinamika populacije komaraca C. pipiens tijekom 2011. godine (model s promjenjivim kapacitetom okoliša).



Slika 4.28. Simulacija dinamike populacije komaraca C. pipiens tijekom 2012. godine (model s konstantnim kapacitetom okoliša).



Slika 4.29. Simulacija dinamike populacije komaraca C. pipiens tijekom 2012. godine (model s promjenjivim kapacitetom okoliša).


Slika 4.30. Simulacija dinamike populacije komaraca C. pipiens tijekom 2013. godine )model s konstantnim kapacitetom okoliša).



Slika 4.31. Simulacija dinamike populacije komaraca C. pipiens tijekom 2013. godine (model s promjenjivim kapacitetom okoliša).



Slika 4.32. Simulacija dinamike populacije komaraca C. pipiens tijekom 2014. godine (model s konstantnim kapacitetom okoliša).



Slika 4.33. Simulacija dinamike populacije komaraca C. pipiens tijekom 2014. godine (model s promjenjivim kapacitetom okoliša).



Slika 4.34. Simulacija dinamike populacije komaraca C. pipiens tijekom 2015. godine (model s konstantnim kapacitetom okoliša).



Slika 4.35. Simulacija dinamike populacije komaraca C. pipiens tijekom 2015. godine (model s promjenjivim kapacitetom okoliša).

#### 4.3.1.1. Ukupno opterećenje populacijom - Culex pipiens

Ukupno opterećenje pojedinim razvojnim stadijima vrste *Culex pipiens* u jedanaestogodišnjem razdoblju promatrano je na godišnjoj razini; na razini tromjesečja te na razini mjeseca.

U modelu s konstantnim kapacitetom okoliša kao godine s većim opterećenjem jajašcima (*TPL<sub>E</sub>*) ističu se 2005., 2009., 2015., 2006. i 2008 (Tablica 4.14). Tijekom 2013. ukupno godišnje opterećenje jajašcima je najmanje. Promatrano na razini tromjesečja, opterećenje jajašcima očekivano je najniže u prvom tromjesečju, a najveće u drugom tromjesečju (travanj-lipanj). Promatrano na mjesečnim razinama u travnju je opterećenje jajašcima najveće. To je ujedno mjesec kada odrasle nuliparne ženke izlaze iz dijapauze i poliježu jajašca. Jajašca nisu prisutna u okolišu tijekom siječnja, veljače, listopada, studenog i prosinca. Promatrano u jedanaestogodišnjem periodu nakon travnja, po opterećenju jajašcima slijedi lipanj, zatim srpanj, kolovoz i rujan. U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša ukupno opterećenje jajašcima veće – 2005., 2014., 2006., 20093, 2007., 2011. i 2012., i godine s manjim opterećenjem jajašcima – 2013., 2010., 2008 (Tablica 4.15). Promatrano na razini tromjesečja ukupna opterećenja jajašcima u drugom i trećem tromjesečju su relativno ujednačena, no opterećenje je veće u drugom tromjesečju (travanj – lipanj). Za razliku od modela s konstantnim kapacitetom okoliša u kojem su najveća opterećenja jajašcima tijekom jedanaestogodišnjeg razdoblja izračunata za travanj, u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša u kojem su

Ukupno opterećenje ličinkama ( $TPL_L$ ) u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša prikazano je u Tablici 4.16. Kao godine s nešto većim godišnjim opterećenjima ličinkama ističu se 2012., 2008., 2009., 2006. i 2015. Najmanje ukupno opterećenje ličinkama bilo je u 2013. i 2005. godini. Promatrano na razini tromjesečja, vidljivo je da ličinke uglavnom nisu prisutne tijekom prvog tromjesečja. Opterećenje ličinkama u drugom i trećem tromjesečju je podjednako. Na mjesečnoj razini vidljivo je da ličinke tijekom promatranog razdoblja nisu prisutne u siječnju, veljači, listopadu, studenom i prosincu. Tijekom ožujka ličinke su se pojavile samo tijekom 2005., 2010. i 2012. Tijekom reproduktivne sezone mjesečna opterećenja ličinkama su relativno homogeno raspoređena. U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša promatrano na razini godišnjih opterećenja tijekom 2014. godine opterećenje je bilo najveće, a u 2010. godini najmanje (Tablica 4.17). Promatrano na razini tromjesečja, kao i u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša, opterećenja u drugom i trećem tromjesečju su jednoliko raspoređena. U oba modela najveća mjesečna opterećenja ličinkama izračunata su za lipanj, no u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša opterećenja na mjesečnim razinama nisu tako homogeno raspoređena kao u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša. Tijekom travnja izračunata su najmanja opterećenja ličinkama za model s promjenjivim kapacitetom okoliša. Jednako kao i u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša ličinke su se pojavile u ožujku tijekom 2005., 2010. i 2012.

Ukupna opterećenja kukuljicama ( $TPL_P$ ) u periodu od 2005. do 2015. godine u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša prikazana su u Tablica 4.18. Najveće ukupno godišnje opterećenje kukuljicama izračunato je za 2012. godinu, a najmanje za 2005. godinu. Kukuljice tijekom promatranog razdoblja nisu prisutne u prvom i zadnjem tromjesečju. U drugom dijelu reproduktivne sezone (srpanj rujan) opterećenja kukuljicama veća su u odnosu na prvi dio reproduktivne sezone (travanj - lipanj). Promatrano na mjesečnim raznima najveća opterećenja kukuljicama izračunata su za srpanj i kolovoz. Vidljivo je da kukuljice u promatranom razdoblju nisu prisutne tijekom siječnja, veljače, ožujka i uglavnom nisu prisutne u travnju, iznimka je jedino 2012. godina u kojoj općenito reproduktivna sezona počinje nešto ranije. U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša promatrano na razini godišnjih opterećenja kukuljicama najveće opterećenje izračunato je za 2011. godinu a najmanje za 2010. godinu (Tablica 4.19). Promatrano na razini tromjesečja, kao i u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša, kukuljice nisu prisutne u prvom i zadnjem tromjesečju, a opterećenja u drugom i trećem tromjesečju su relativno jednolika. U oba modela na mjesečnoj razini najveća opterećenja izračunata su za lipanj, no kod modela s promjenjivim kapacitetom okoliša drugi po opterećenju je svibanj a ne srpanj. Najmanja opterećenja u oba modela su izračunata za mjesec rujan. U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša kukuljice nisu prisutne do svibnja.

Ukupna opterećenja odraslim jedinkama (TPLA) u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša pokazuju da su najveća opterećenja bila u 2008. godini, a zatim 2012. i 2015. godine (Tablica 4.20). Naimania opterećenja odraslim jedinkama izračunata su za 2014., 2013. te 2007. godinu. Pregledom opterećenja po sezonama vidljivo je da su najveća opterećenja odraslim jedinkama izračunata za prvo tromjesečje, međutim to su oplođene ženke koje se nalaze u stanju hibernacije i ne predstavljaju smetnju i neugodu za ljudsku populaciju u tom periodu. Također, zadnje tromjesečje predstavlja odrasle jedinke koje opet ulaze u stanje hibernacije. Ukoliko izuzmemo iz razmatranja prvo i treće tromjesečje vidljivo je da su opterećenja gledano na razini preostala dva tromjesečja relativno homogena. Promatrano po mjesecima opterećenja odraslom populacijom uglavnom homogeno raspoređena, no najveća opterećenja su izračunata za srpanj i kolovoz. U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša na godišnjoj razini najveća opterećenja odraslim jedinkama izračunata su za 2009. godinu, a najmanja za 2013. i 2010. godinu (Tablica 4.21). Analiza po tromjesečjima pokazuje da su u drugom i trećem tromjesečju opterećenja homogeno raspoređena, kao i u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša. Za razliku od modela s konstantnim kapacitetom okoliša u zadnjem tromjesečju (rujan-prosinac) opterećenja odraslom populacijom su znatno veća, što znači da je u ovoj verziji modela znatno veći broj odraslih ženki koje na kraju reproduktivne sezone ulaze u dijapauzu. Analiza po mjesecima u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša pokazuje da su najveća opterećenja odraslom populacijom u lipnju, a zatim u srpnju i kolovozu.

Tablica 4.14. Ukupno opterećenje jajašcima – Culex pipiens ( $TPL_E$ ) za period od 2005. - 2015. godine – model s konstantnim kapacitetom okoliša. Ukupno opterećenje jajašcima izračunato je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	234.363	117	122.481	111.765	0	0	0	117	64.532	19.730	38.219	52.084	41.465	18.216	0	0	0
2006	215.704	169	105.213	110.322	0	0	0	169	43.886	16.626	44.701	30.796	64.235	15.292	0	0	0
2007	178.410	0	107.047	71.363	0	0	0	0	14.338	44.672	48.037	22.508	24.808	24.047	0	0	0
2008	210.988	0	116.728	94.260	0	0	0	0	71.674	14.290	30.764	38.673	24.093	31.494	0	0	0
2009	220.868	0	155.354	65.514	0	0	0	0	43.601	47.029	64.725	20.199	24.494	20.821	0	0	0
2010	194.466	385	100.326	93.755	0	0	0	385	35.220	9.444	55.662	32.586	21.821	39.348	0	0	0
2011	177.534	0	94.459	83.075	0	0	0	0	37.952	25.867	30.639	52.054	13.586	17.435	0	0	0
2012	208.557	1.558	147.299	59.700	0	0	0	1.558	93.212	35.345	18.742	19.869	21.596	18.235	0	0	0
2013	150.697	0	81.422	69.275	0	0	0	0	22.213	16.216	42.994	24.524	35.120	9.631	0	0	0
2014	191.453	1	120.118	71.334	0	0	0	1	52.518	16.444	51.156	30.409	24.309	16.616	0	0	0
2015	217.265	4	150.724	66.536	0	0	0	4	73.973	35.749	41.002	21.397	34.602	10.537	0	0	0
SU	MA	2.234	1.301.171	896.900	0	0	0	2.234	553.119	281,411	466.641	345.0 <mark>99</mark>	330.1 <sup>29</sup>	221.672	0	0	0

Tablica 4.15. Ukupno opterećenje jajašcima – Culex pipiens ( $TPL_E$ ) za period od 2005. - 2015. godine – model s promjenjivim kapacitetom okoliša. Ukupno opterećenje jajašcima izračunato je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	1.517.347	117	462.475	1.054.755	0	0	0	117	79.146	73.733	309.595	508.710	377.291	168.754	0	0	0
2006	1.282.826	169	641.932	640.724	0	0	0	169	70.750	144.312	426.870	212.179	294.468	134.078	0	0	0
2007	1.184.494	0	624.734	559.760	0	0	0	0	15.932	179.526	429.277	136.949	180.188	242.623	0	0	0
2008	778.878	0	290.370	488.507	0	0	0	0	124.590	59.529	106.252	308.604	110.752	69.151	0	0	0
2009	1.241.702	0	785.151	456.551	0	0	0	0	69.027	200.765	515.359	185.849	98.595	172.107	0	0	0
2010	783.917	385	487.649	295.883	0	0	0	385	47.884	51.680	388.085	103.195	81.275	111.412	0	0	0
2011	1.095.407	0	490.286	605.121	0	0	0	0	45.195	157.463	287.628	455.785	66.255	83.081	0	0	0
2012	1.019.683	607	776.968	242.108	0	0	0	607	194.414	375.640	206.913	128.541	54.703	58.865	0	0	0
2013	820.791	0	477.585	343.206	0	0	0	0	32.139	135.817	309.629	145.080	119.359	78.766	0	0	0
2014	1.361.038	0	665.932	695.105	0	0	0	0	106.872	142.434	416.627	278.538	244.059	172.509	0	0	0
2015	1.161.616	17	812.084	349.515	0	0	0	17	77.196	282.287	452.601	111.403	143.090	95.022	0	0	0
SU	MA	1.296	6.515.167	5.731.235	0	0	0	1.296	863.146	1.803.186	3.848.836	2.574.832	1.770.034	1.386.368	0	0	0

Tablica 4.16. Ukupno opterećenje ličinkama – Culex pipiens ( $TPL_L$ ) za period od 2005. - 2015. godine – model s konstantnim kapacitetom okoliša. Ukupno opterećenje ličinkama izračunato je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	173.474	1	76.794	96.679	0	0	0	1	15.572	32.310	28.913	35.518	36.465	24.697	0	0	0
2006	202.206	0	104.418	97.788	0	0	0	0	27.981	30.250	46.187	30.115	39.334	28.339	0	0	0
2007	182.205	0	84.441	97.765	0	0	0	0	6.088	39.528	38.824	31.419	34.195	32.150	0	0	0
2008	215.607	0	113.552	102.055	0	0	0	0	41.199	36.097	36.256	36.727	34.525	30.803	0	0	0
2009	204.044	0	112.877	91.167	0	0	0	0	31.631	33.108	48.138	31.302	31.810	28.055	0	0	0
2010	181.480	10	83.953	97.517	0	0	0	10	16.683	28.214	39.056	30.538	27.461	39.518	0	0	0
2011	183.534	0	91.560	91.974	0	0	0	0	25.527	32.736	33.297	40.905	26.363	24.706	0	0	0
2012	220.493	163	131.249	89.081	0	0	0	163	63.952	36.468	30.830	29.840	35.073	24.168	0	0	0
2013	169.626	0	74.985	94.641	0	0	0	0	14.152	24.015	36.818	34.559	35.438	24.644	0	0	0
2014	197.737	0	107.691	90.046	0	0	0	0	36.376	29.087	42.228	34.695	32.665	22.687	0	0	0
2015	200.720	0	115.317	85.403	0	0	0	0	40.570	36.348	38.399	29.549	36.510	19.343	0	0	0
SU	MA	174	1.096.837	1.034.116	0	0	0	174	319,732	358,161	418,945	365.168	369.838	299.110	0	0	0

Tablica 4.17. Ukupno opterećenje ličinkama – Culex pipiens (TPL<sub>L</sub>) za period od 2005. - 2015. godine – model s promjenjivim kapacitetom okoliša. Ukupno opterećenje ličinkama izračunato je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	1.332.518	0	407.927	924.590	0	0	0	0	19.550	138.578	249.800	354.520	349.164	220.906	0	0	0
2006	1.335.886	0	733.214	602.672	0	0	0	0	71.008	223.108	439.099	209.827	211.491	181.355	0	0	0
2007	1.315.435	0	527.954	787.480	0	0	0	0	6.665	157.734	363.555	222.062	240.576	324.842	0	0	0
2008	990.454	0	489.519	500.935	0	0	0	0	113.435	209.839	166.245	255.502	163.477	81.957	0	0	0
2009	1.308.927	0	652.248	656.679	0	0	0	0	62.799	188.195	401.254	270.351	146.432	239.896	0	0	0
2010	905.102	10	418.312	486.780	0	0	0	10	27.328	116.021	274.963	162.607	144.224	179.949	0	0	0
2011	1.112.537	0	470.910	641.627	0	0	0	0	32.277	117.601	321.032	359.387	153.114	129.125	0	0	0
2012	993.112	19	614.315	378.778	0	0	0	19	97.667	229.142	287.506	169.418	76.245	133.115	0	0	0
2013	1.033.898	0	518.206	515.692	0	0	0	0	29.561	174.422	314.223	213.317	89.925	212.450	0	0	0
2014	1.485.692	0	601.285	884.407	0	0	0	0	87.851	233.096	280.338	320.869	328.543	234.996	0	0	0
2015	1.203.600	0	701.620	501.980	0	0	0	0	37.513	263.418	400.688	172.650	170.909	158.422	0	0	0
SU	MA	29	6.135.509	6.881.621	0	0	0	29	585.653	2.051.154	3.498.702	2.710.510	2.074.100	2.097.012	0	0	0

Tablica 4.18. Ukupno opterećenje kukuljicama – Culex pipiens ( $TPL_P$ ) za period od 2005. - 2015. godine – model s konstantnim kapacitetom okoliša. Ukupno opterećenje kukuljicama izračunato je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	4.647	0	1.872	2.775	0	0	0	0	0	164	1.708	1.357	841	577	0	0	0
2006	6.005	0	2.704	3.301	0	0	0	0	0	1.354	1.350	2.064	785	452	0	0	0
2007	6.194	0	2.726	3.469	0	0	0	0	0	1.493	1.233	1.635	1.262	572	0	0	0
2008	7.546	0	2.872	4.674	0	0	0	0	0	1.694	1.178	1.362	1.650	1.662	0	0	0
2009	6.750	0	2.616	4.134	0	0	0	0	0	1.758	858	1.375	1.997	762	0	0	0
2010	5.982	0	1.894	4.088	0	0	0	0	0	905	989	1.903	1.901	284	0	0	0
2011	6.875	0	2.377	4.498	0	0	0	0	0	1.149	1.228	1.492	1.958	1.048	0	0	0
2012	10.461	0	3.803	6.658	0	0	0	0	34	2.237	1.533	3.254	2.186	1.218	0	0	0
2013	6.320	0	2.481	3.839	0	0	0	0	0	1.287	1.194	1.479	2.114	246	0	0	0
2014	5.006	0	2.540	2.466	0	0	0	0	0	1.398	1.142	1.034	917	515	0	0	0
2015	6.888	0	2.502	4.386	0	0	0	0	0	1.265	1.237	1.704	1.646	1.036	0	0	0
SU	MA	0	28.388	44.287	0	0	0	0	34	14.705	13.649	18.659	17.257	8.371	0	0	0

Tablica 4.19. Ukupno opterećenje kukuljicama – Culex pipiens (TPL<sub>P</sub>) za period od 2005. - 2015. godine – model s promjenjivim kapacitetom okoliša. Ukupno opterećenje kukuljicama izračunato je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	41.624	0	14.971	26.653	0	0	0	0	0	1.245	13.726	12.927	8.367	5.359	0	0	0
2006	35.055	0	21.064	13.991	0	0	0	0	0	12.544	8.520	5.605	6.096	2.291	0	0	0
2007	46.068	0	19.628	26.440	0	0	0	0	0	7.596	12.032	11.249	9.489	5.701	0	0	0
2008	30.633	0	12.992	17.640	0	0	0	0	0	3.481	9.511	9.667	4.805	3.168	0	0	0
2009	46.182	0	18.973	27.209	0	0	0	0	0	10.546	8.426	11.496	9.394	6.320	0	0	0
2010	28.407	0	11.276	17.132	0	0	0	0	0	6.330	4.946	9.345	6.481	1.306	0	0	0
2011	47.479	0	19.525	27.954	0	0	0	0	0	7.488	12.037	11.560	11.718	4.676	0	0	0
2012	43.375	0	25.003	18.372	0	0	0	0	0	15.543	9.459	8.127	5.513	4.731	0	0	0
2013	31.737	0	17.497	14.241	0	0	0	0	0	10.532	6.964	8.339	3.670	2.231	0	0	0
2014	41.885	0	17.302	24.583	0	0	0	0	0	12.982	4.320	9.945	9.304	5.333	0	0	0
2015	46.731	0	22.913	23.818	0	0	0	0	0	13.678	9.235	9.041	5.959	8.818	0	0	0
SU	IMA	0	201.142	238.033	0	0	0	0	0	101.965	99.176	107.301	80.798	49,934	0	0	0

Tablica 4.20. Ukupno opterećenje odraslima – Culex pipiens (TPL<sub>A</sub>) za period od 2005. - 2015. godine – model s konstantnim kapacitetom okoliša. Ukupno opterećenje jajašcima izračunato je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	20.155	9.000	4.128	4.043	2.951	3.100	2.800	3.100	2.668	409	1.051	1.477	1.262	1.305	1.005	973	973
2006	23.131	9.000	5.049	6.207	2.844	3.100	2.800	3.100	2.319	958	1.773	3.234	2.266	706	969	937	937
2007	19.686	9.000	5.862	3.791	1.022	3.100	2.800	3.100	2.896	1.398	1.569	1.877	1.220	693	348	337	337
2008	32.277	9.000	4.810	6.525	11.812	3.100	2.800	3.100	2.270	833	1.707	1.717	1.764	3.044	4.024	3.894	3.894
2009	23.562	9.000	6.200	4.867	3.457	3.100	2.800	3.100	2.400	2.518	1.282	1.395	1.949	1.523	1.178	1.140	1.140
2010	21.193	9.000	4.807	6.418	957	3.100	2.800	3.100	2.724	601	1.483	2.365	2.882	1.171	326	315	315
2011	23.028	9.000	4.793	5.876	3.323	3.100	2.800	3.100	2.482	1.051	1.260	1.955	2.484	1.437	1.132	1.096	1.096
2012	27.125	9.000	4.730	10.429	2.934	3.100	2.800	3.100	1.561	1.883	1.285	5.855	2.729	1.845	999	967	967
2013	19.392	9.000	4.754	4.818	811	3.100	2.800	3.100	2.642	769	1.343	1.441	3.103	275	276	267	267
2014	18.543	9.000	5.331	2.563	1.631	3.100	2.800	3.100	2.224	1.478	1.629	987	960	616	556	538	538
2015	26.304	9.000	4.894	5.147	7.183	3.100	2.800	3.100	2.115	1.340	1.440	1.750	1.915	1.482	2.447	2.368	2.368
SU	MA	99.000	55.359	60.684	38.924	34.100	30.800	34.100	26.301	13.237	15,822	24.051	22.535	14.097	13.260	12.832	12.832

Tablica 4.21. Ukupno opterećenje odraslima – Culex pipiens (TPL<sub>A</sub>) za period od 2005. - 2015. godine – model s promjenjivim kapacitetom okoliša. Ukupno opterećenje jajašcima izračunato je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	85.719	9.000	12.980	37.132	26.318	3.100	2.800	3.100	2.957	1.500	8.522	13.894	11.175	12.063	8.965	8.676	8.676
2006	60.118	9.000	26.183	19.857	5.023	3.100	2.800	3.100	2.765	8.798	14.619	8.732	8.120	3.005	1.711	1.656	1.656
2007	66.577	9.000	24.112	23.392	9.964	3.100	2.800	3.100	2.932	6.558	14.622	7.960	8.472	6.960	3.394	3.285	3.285
2008	77.472	9.000	12.195	26.217	29.733	3.100	2.800	3.100	2.772	2.168	7.255	13.138	6.463	6.616	10.129	9.802	9.802
2009	96.462	9.000	23.982	30.535	32.586	3.100	2.800	3.100	2.809	11.017	10.156	9.923	7.868	12.745	11.101	10.743	10.743
2010	50.540	9.000	16.633	16.032	8.779	3.100	2.800	3.100	2.951	3.931	9.750	6.947	5.389	3.697	2.991	2.894	2.894
2011	72.071	9.000	21.236	29.835	11.870	3.100	2.800	3.100	2.652	6.599	11.985	15.654	8.181	5.999	4.044	3.913	3.913
2012	74.819	9.000	19.373	19.659	26.496	3.100	2.800	3.100	2.825	9.922	6.627	7.127	6.394	6.138	9.026	8.735	8.735
2013	49.673	9.000	16.478	16.483	7.628	3.100	2.800	3.100	2.899	6.392	7.187	7.366	6.713	2.404	2.598	2.515	2.515
2014	79.230	9.000	28.149	25.067	16.829	3.100	2.800	3.100	2.751	13.602	11.796	9.028	9.647	6.392	5.733	5.548	5.548
2015	81.636	9.000	24.555	24.117	23.704	3.100	2.800	3.100	2.918	9.045	12.591	8.600	6.804	8.712	8.075	7.814	7.814
SU	MA	9 <b>9</b> .000	225.876	268.326	198.929	34.100	\$0.800	34.100	31.231	79.53 <mark>4</mark>	115.110	108.369	85.225	74.732	67.7 <mark>67</mark>	65.5 <mark>81</mark>	65.581

### 4.3.1.2. Indeks intenziteta rasta populacije (PGI) za vrstu Culex pipiens

Indeksi intenziteta rasta populacije (*PGI*) vrste komaraca *Culex pipiens* po razvojnim stadijima za jedanaestogodišnje razdoblje izračunati su za obje vrste modela. Indeksi rasta populacije promatrani su po svim razvojnim stadijima te na godišnjoj razini, na razini tromjesečja i mjesečnoj razini. U zadnjem redu svake tablice izračunata je vjerojatnost (P) rasta populacije kao omjer broja ishoda u kojima je indeks intenziteta rasta populacije veći od 1 i ukupnog broja promatranih godina.

Indeks intenziteta rasta stadija jajašca ( $PGI_E$ ) u modelu s konstantnim i promjenjivim kapacitetom okoliša promatrani na godišnjoj razini očekivano pokazuju da je početni broj jajašaca u početku godine jednak broju jajašca na kraju godine, budući da Culex pipiens prezimljava u obliku odraslih oplođenih ženki, jajašca nisu prisutna u zimskom periodu pa je i njihov omjer jednak 1 (Tablica 4.22 i Tablica 4.23). Promatrano na razini tromjesečja vidljivo je da u prvom tromjesečju indekse intenziteta nije bilo moguće izračunati za većinu godina (dijeljenje s 0!). U modelu s konstantnim kapacitetom okoliša indeks intenziteta rasta jajašaca u prvom tromjesečju bilo je moguće izračunati samo za 2012. i 2014. godinu  $(PGI_E = 16, 12 \text{ i } PGI_E = 57, 02)$  a u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša indeks je bilo moguće izračunati samo za 2014. godinu (PGIE=57,02). Indeks pokazuje da je u tim godinama zabilježen pozitivan prirast broja jajašaca u prvom tromjesečju. To su godine u kojima odrasle jedinke iz dijapauze izlaze nešto ranije pa i polijeganje jajašca počinje već u ožujku. Usporedbom ovih rezultata s rezultatima opterećenja jajašcima može se uočiti da se osim 2012. i 2014. godine određen broj jajašaca u ožujku pojavljuje i tijekom 2005., 2006. i 2010. godine, no za te godine indeks intenziteta rasta nije bilo moguće izračunati. Indeks intenziteta rasta populacije pokazuje apsolutnu vrijednost omjera zbroja svih pozitivnih i negativnih diferencija, a u ovim godinama zabilježen je samo pozitivan prirast pred kraj prvog tromjesečja dok negativnog nije bilo, pa je i indeks bilo nemoguće izračunati (Dijeljenje s 0!). U drugom tromjesečju indeksi rasta populacije u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša su uglavnom

veći od 1, uz iznimku 2012. godine, te vjerojatnost rasta populacije u drugom tromjesečju iznosi 90,9%. U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša indeks je veći od 1 u svim promatranim godinama pa je i vjerojatnost rasta populacije u tom razdoblju 100%. U oba modela tijekom trećeg tromjesečja indeks je manji od 1, što znači da u promatranom razdoblju dolazi do smanjivanja prirasta i opadanja broja jajašaca. U oba modela također, najveća vjerojatnost rasta populacije je u travnju, 90,9% u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša i 100% u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša. Nakon travnja najveća vjerojatnost rasta populacije je u svibnju. U ostalim mjesecima vjerojatnost rasta populacije je manja. Tijekom 2012. i 2014. godine indeksi intenziteta rasta populacije jajašca u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša tijekom travnja imaju velike vrijednosti, što upućuju na nagle promjene brojnosti jajašca, odnosno nagli pozitivan prirast.

U obje verzije modela promatrano na godišnjoj razini indeks intenziteta rasta ličinki ( $PGI_L$ ) je jednak 1, što je logično budući da ličinke kao ni jajašca nisu prisutne tijekom zimskog perioda (Tablica 4.24 i Tablica 4.25). Vjerojatnost pozitivnog prirasta populacije ličinki, u obje verzije modela je najveća u drugom tromjesečju i iznosi 100%. Tijekom trećeg tromjesečja indeksi intenziteta rasta su uvijek manji od 1 i vjerojatnost pozitivnog prirasta populacije ličinki je 0%. Indekse nije bilo moguće izračunati za prvo i četvrto tromjesečje (dijeljenje s 0!). Promatrano na mjesečnim razinama u obje verzije modela dobiveni su vrlo slični rezultati. Najveća vjerojatnost pozitivnog prirasta broja ličinki je u travnju, 90,9% u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša i 81,8% u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša. Nakon travnja najveća vjerojatnost pozitivnog prirasta broja ličinki u oba modela je u svibnju. U ostalim mjesecima vjerojatnosti pozitivnog prirasta populacije ličinki u obje verzije modela su podjednaki.

Indeksi intenziteta rasta populacije kukuljica (*PGI*<sub>P</sub>) za model s konstantnim kapacitetom okoliša prikazani su u Tablici 4.26., a za model s promjenjivim kapacitetom okoliša u Tablici 4.27. Kao i kod prethodna dva razvojna stadija indeksi intenziteta rasta kukuljice promatrani na godišnjoj razini u obje verzije modela su jednaki 1, budući da kukuljice također nisu prisutne tijekom zimskog perioda. U drugom tromjesečju (travanj-lipanj) indeksi intenziteta rasta populacije kukuljica u jedanaestogodišnjem periodu su veći od 1 i vjerojatnost pozitivnog prirasta populacije kukuljica iznosi 100% u obje verzije modela. U trećem tromjesečju indeksi su u svih jedanaest godina i u obje verzije modela manji od 1, pa je vjerojatnost pozitivnog prirasta broja kukuljica jednaka 0%. Indekse nije bilo moguće izračunati za prvo i zadnje tromjesečje (dijeljenje s 0!). Promatrano na mjesečnim razinama tijekom svibnja je najveća vjerojatnost pozitivnog prirast populacije kukuljica od 90,9% u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša i 100% u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša. Tijekom travnja 2010., 2011. i 2012. u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša i tijekom travnja 2010. i 2011. godine u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša i tijekom travnja 2010. i 2011. godine u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša i tijekom travnja 2010. i 2011. godine u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša i tijekom travnja 2010. i 2011. godine u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša i tijekom travnja 2010. i 2011. godine u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša i tijekom travnja 2010. i applici i maju vrlo velike vrijednosti što upućuje na vrlo nagle promjene u prirastu brojnosti, odnosno vrlo nagli rast populacije kukuljica.

Indeksi intenziteta rasta odraslih jedinki (*PGI*<sub>A</sub>) u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša su gotovo u svim godinama manji od 1, što pokazuje da je ukupni prirast na godišnjoj razini negativan, odnosno broj dijapauzirajućih jedinki na kraju godine je uvijek manji od broj dijapauzirajućih jedinki na početku godine (Tablica 4.28). Iznimka je jedino 2008. godina u kojoj je broj dijapauzirajućih ženki na kraju godine bio veći od broja dijapauzirajućih ženki na početku godine pa je i indeks intenziteta rasta populacije odraslih jedinki veći od 1. U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša indeksi su u većem broju godina veći od 1, pa vjerojatnost rasta populacije odraslih jedinki tijekom jedanaestogodišnjeg razdoblja iznosi 72,7% (Tablica 4.29). Tijekom prvog i zadnjeg tromjesečja u obje verzije modela indeks intenziteta rasta populacije odraslih jedinki nije bilo moguće izračunati. Tijekom drugog tromjesečja (travanj-lipanj) vjerojatnost pozitivnog prirasta broja odraslih je relativno mala i iznosi 18,2%, dok je ta vjerojatnost u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša i (18,2%).

27,3%). Promatrano na mjesečnoj razini u obje verzije modela najveća vjerojatnost pozitivnog prirasta broja odraslih jedinki je u svibnju (90,9%). U modelu s konstantnim kapacitetom okoliša sljedeći mjesec s najvećom vjerojatnosti pozitivnog prirasta broja odraslih je srpanj (72,7%), a u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša to je kolovoz (63,6%). U obje verzije modela tijekom travnja zabilježeno je opadanje broja odraslih jedinki (indeks intenziteta rasta odraslih je manji od 1), što znači da tek tijekom travnja broj odraslih dijapauzirajućih ženki počinje opadati. Iako u nekim godinama izlazak iz dijapauze započinje ranije, već krajem ožujka, jedinke počinju s polijeganjem jajašca ali se broj odraslih još ne smanjuje.

#### 4.3.1.3. Indeks potencijala rasta populacije (PGP) - Culex pipiens

Indeksi potencijala rasta populacije jajašaca ( $PGP_E$ ) za model s konstantnim kapacitetom okoliša prikazani su u Tablici 4.30. Indeksi potencijala rasta populacije jajašca promatrani na godišnjoj razini pokazuju da je populacija jajašca veći dio vremena u opadanju (vjerojatnost rasta P=9,1%). Uspoređujući indekse potencijala rasta s indeksom intenziteta rasta koji su na godišnjoj razini jednaki 1 dolazi se do zaključka da je populacija jajašca karakterizirana naglim povećanjima brojnosti u kratkim vremenskim intervalima, dok je pad brojnosti jajašca polagan. Promatrano na tromjesečnim razinama najveća vjerojatnost da će vremenski gledano populacija biti u porastu je u drugom tromjesečju (P=45,4%). Na mjesečnoj razini populacija je najveći dio vremena u porastu tijekom travnja (P=81,8%), a zatim svibnja (P=54,5%). U ostalim mjesecima tijekom reproduktivne sezone ta vjerojatnost je znatno manja. Za razliku od modela s konstantnim kapacitetom okoliša u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša promatrano na godišnjoj razini populacija je veći dio vremena u porastu (P=100%) tijekom jedanaestogodišnjeg razdoblja (Tablica 4.31). Također u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša vjerojatnost da će populacija jajašca veći dio vremena biti u porastu tijekom drugog tromjesečja je znatno veća nego u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša i iznosi 100%. Kao i u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša, najveća vjerojatnost da će populacija odraslih jedinki veći dio vremena biti u porastu je u travnju (P=100%), no u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša sljedeći mjesec po vjerojatnosti je svibanj (P=54,5%).

Indeksi potencijala rasta populacije ličinki ( $PGP_L$ ) za model s konstantnim kapacitetom okoliša prikazani su u Tablici 4.32. Na godišnjoj razini populacija ličinki je veći dio vremena u opadanju, osim u 2014. i 2005. godini kada je indeks veći od 1. Promatrano na razini tromjesečja najveći broj vremena populacija ličinki je u porastu tijekom drugog tromjesečja (P=45,5%), a tijekom trećeg tromjesečja populacija ličinki je u svim promatranim godinama veći dio vremena u opadanju. Na mjesečnoj razini najveća vjerojatnost da će populacija ličinki biti u porastu je u travnju (P=90,9%) dok je u ostalim mjesecima tijekom reproduktivne sezone ta vjerojatnost znatno manja. Za razliku od modela s konstantnim kapacitetom okoliša, promatrano na godišnjoj razini populacija ličinki je veći dio vremena u porastu (P=90,9%) (Tablica 4.32). Promatrano po tromjesečjima, kao i u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša, najveća vjerojatnost da će populacija ličinki biti u porastu je u drugom tromjesečju (travanj-lipanj) iako je ta vjerojatnost nešto manja (P=45,5%) u odnosu na model s konstantnim kapacitetom okoliša. Na mjesečnoj razini tijekom reproduktivne sezone niti jedan mjesec se ne izdvaja po iznosu vjerojatnosti, već su one relativno homogeno raspoređene.

Indeksi potencijala rasta populacije stadija kukuljice  $PGP_P$  za model s konstantnim kapacitetom okoliša prikazani su u Tablici 3.34. Na godišnjoj razini populacija kukuljica je veći dio vremena u porastu u 45,5% slučajeva. Na razini tromjesečja, indeksi su veći od 1 u 90,9% slučajeva tijekom drugog tromjesečja, što znači da je u tom periodu populacija najvjerojatnije veći dio vremena u porastu. U trećem tromjesečju vjerojatnost da će populacija kukuljica biti u poratu je znatno manja i iznosi 9,1%. Na mjesečnoj razini najveća vjerojatnost da će populacija kukuljica veći dio vremena biti u porastu je u svibnju (P=72,7%) dok je u svim ostalim mjesecima tijekom reproduktivne sezone ta vjerojatnost znatno manja. U

modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša, promatrano na godišnjoj razini u jedanaestogodišnjem razdoblju populacija kukuljica je veći dio vremena u porastu u 91,9% slučajeva (Tablica 4.35). Na razini tromjesečja dobiveni su slični rezultati kao i u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša, pa je najveća vjerojatnost da će populacija kukuljica veći dio vremena biti u poratu u drugom tromjesečju (travanj-lipanj) P=81,8%. Na razini mjeseca u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša, tijekom reproduktivne sezone vjerojatnosti su homogeno raspoređene. U modelu s konstantnim kapacitetom okoliša tijekom lipnja vjerojatnost da će populacija ličinki veći dio vremena biti u porastu je samo 9,1%, dok je istovremeno vjerojatnost pozitivnog prirasta broja jedinki 72,7%. Ovaj omjer ukazuje na to da je lipanj karakteriziran naglim povećanjima brojnosti kukuljica u kratkim vremenskim intervalima. Slična je situacija u svibnju za model s promjenjivim kapacitetom okoliša u kojem je vjerojatnost pozitivnog prirasta kukuljica u kratkim vremenskim intervalima. Slična je situacija u svibnju za model s promjenjivim kapacitetom okoliša u kojem je vjerojatnost pozitivnog prirasta kukuljica u kratkim vremenskim intervalima.

Indeksi potencijala rasta odraslih jedinki (*PGP<sub>A</sub>*) u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša promatrani na godišnjoj razini pokazuju da je populacija odraslih veći dio vremena u opadanju (Tablica 4.36). Na tromjesečnim razinama je slično, i vremenski gledano populacija je veći dio vremena u opadanju. Na mjesečnim razinama najveću vjerojatnost da će populacija veći dio vremena biti u porastu ima srpanj (P=36,4%). Vjerojatnost da će populacija veći dio vremena biti u porastu tijekom svibnja je samo 9,1%, dok je istovremeno vjerojatnost povećanja brojnosti u istom mjesecu čak 90,9%, stoga se može zaključiti da su kod vrste *Culex pipiens* svibanj i srpanj mjeseci u kojima se mogu očekivati vrlo nagla povećanja brojnosti odraslih jedinki ako govorimo o modelu s konstantnim kapacitetom okoliša. U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša promatrano na godišnjoj razini populacija je također veći dio vremena u opadanju (P=9,1%). Za razliku od modela s konstantnim kapacitetom okoliša u drugom tromjesečju je znatno veća vjerojatnost da će populacija veći dio vremena biti u porastu (P=72,7%). Na mjesečnoj razini tijekom svibnja je populacija odraslih jedinki veći dio vremena u porastu P=72,7% dok je ta vjerojatnost u ostalim mjesecima tijekom reproduktivne sezone znatno manja.

Tablica 4.22. Indeks intenziteta rasta stadija jajašca – Culex pipiens (PGI<sub>E</sub>) za period od 2005. – 2015. godine – model s konstantnim kapacitetom okoliša. Indeks intenziteta rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	-≫1,00	NA	<b>1,02</b>	₩0,97	NA	NA	NA	NA	🖣 1,51	🖕 0,27	🖣 1,08	🖕 0,99	🛉 1,03	🖕 0,75	NA	NA	NA
2006	-€1,00	NA	<b>@</b> 1,17	₩0,87	NA	NA	NA	NA	🖣 1,09	🖣 5,09	🖕 0,82	🖕 0,69	🛉 1,47	🖕 0,06	NA	NA	NA
2007	-⇒1,00	NA	<b>1</b> ,19	₩0,71	NA	NA	NA	NA	<b>@</b> 14,64	<b>n</b> 1,73	🖕 0,40	🖕 0,65	🖕 0,86	🖕 0,69	NA	NA	NA
2008	-€1,00	NA	<b>1</b> ,10	₩0,87	NA	NA	NA	NA	🛉 1,16	<b>n</b> 1,33	<b>4</b> 0,92	0,90 🤟	🖕 0,78	<b>4</b> 0,89	NA	NA	NA
2009	-€1,00	NA	1,11	₩0,69	NA	NA	NA	NA	<b>1</b> ,09	<b>4</b> 3,91	🖕 0,58	🖕 0,36	🛉 1,56	<b>4</b> 0,58	NA	NA	NA
2010	-€1,00	NA	<b>1,07</b>	₩0,89	NA	NA	NA	NA	🛉 1,21	<b>P</b> 2,21	<b>4</b> 0,82	🛉 1,34	🛉 1,70	<b>b</b> 0,13	NA	NA	NA
2011	-€1,00	NA	1,12	₩0,86	NA	NA	NA	NA	<b>n</b> 1,03	<b>A</b> 3,15	🖕 0,36	0,92 🤟	🖕 0,97	0,51	NA	NA	NA
2012	<del>,</del> ,00	<b>1</b> 6,12	₩0,98	₩0,99	NA	NA	NA	<b>1</b> 6,12	🖕 0,97	<b>n</b> 1,12	🖕 0,75	<b>1</b> ,70	🖕 0,74	<b>4</b> 0,88	NA	NA	NA
2013		NA	<b>1,51</b>	₩0,53	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 1,11	<b>1</b> 3,70	1,22	0,24	<b>n</b> 1,78	0,04	NA	NA	NA
2014	-€1,00	<b>\$</b> 57,02	<b>1,08</b>	₩0,82	NA	NA	NA	<b>\$</b> 57,02	🛉 1,18	<b>P</b> 5,94	<b>4</b> 0,36	0,84 🤟	🖕 0,89	🖕 0,70	NA	NA	NA
2015	€1,00	NA	<b>1,02</b>	₩0,96	NA	NA	NA	Na	<b>n</b> 1,02	<b>P</b> 1,11	0,91 🤟	<b>1</b> ,10	🖕 0,90	<b>4</b> 0,88	NA	NA	NA
Р	0,0%	18,2%	90,9%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	18,2%	90,9%	90,9%	18,2%	27,3%	45,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Tablica 4.23. Indeks intenziteta rasta stadija jajašca – Culex pipiens ( $PGI_E$ ) – model s promjenjivim kapacitetom okoliša za period od 2005. – 2015. godine. Indeks intenziteta rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005		NA	<b>1,06</b>	<b>4</b> 0,97	NA	NA	NA	NA	🖣 1,72	🖕 0,53	🖣 1,09	🖕 0,99	🛉 1,06	🖕 0,73	NA	NA	NA
2006		NA	<b>1</b> ,17	₩0,87	NA	NA	NA	NA	🛉 1,66	🗬 8,38	৬ 0,70	🖕 0,60	na 1,30	🖕 0,01	NA	NA	NA
2007		NA	<b>1</b> ,37	₩0,65	NA	NA	NA	NA	<b>\$</b> 37,60	🛉 6,41	🖕 0,55	0,33 🤟	🛉 1,53	🖕 0,69	NA	NA	NA
2008		NA	<b>1</b> ,43	₩0,80	NA	NA	NA	NA	🖣 1,83	🖕 0,90	🖣 1,49	🖕 0,93	🖕 0,60	🖕 0,69	NA	NA	NA
2009		NA	1,24	₩0,59	NA	NA	NA	NA	🛉 1,28	4,23	🖕 0,87	<b>4</b> 0,28	<b>P</b> 2,81	🖕 0,61	NA	NA	NA
2010		NA	<b>P</b> 1,14	₩0,72	NA	NA	NA	NA	🖣 1,86	🛉 5,63	🖕 0,80	🛉 1,11	🖕 0,47	🖕 0,58	NA	NA	NA
2011		NA	<b>1</b> ,23	₩0,84	NA	NA	NA	NA	🐢 1,03	🗬 4,91	🖕 0,41	🖕 0,94	🖕 0,46	৬ 0,85	NA	NA	NA
2012		NA	<b>1</b> ,05	₩0,80	NA	NA	NA	NA	🛉 1,13	🛉 1,62	🖕 0,33	0,92 🤟	🛉 1,05	🖕 0,40	NA	NA	NA
2013		NA	<b>1</b> ,31	₩0,66	NA	NA	NA	NA	🛉 1,52	🛉 4,91	🖕 0,60	0,33 🤟	🛉 4,12	🖕 0,06	NA	NA	NA
2014		\$57,02	<b>1</b> ,09	₩0,87	NA	NA	NA	<b>\$</b> 57,02	🛉 1,82	<b>-</b> 8,88	<b>4</b> 0,29	🖕 0,98	🖕 0,88	🖕 0,70	NA	NA	NA
2015		NA	<b>1,06</b>	₩0,89	NA	NA	NA	NA	🌪 1,98	1,43	🖕 0,78	<b>4</b> 0,82	🖕 0,95	🖕 0,90	NA	NA	NA
Р	0,0%	9,1%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	9,1%	100,0%	81,8 <mark>%</mark>	18,2%	9,1%	54,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Tablica 4.24. Indeks intenziteta rasta stadija ličinke – Culex pipiens (PGI<sub>L</sub>) za period od 2005. – 2015. godine – model s konstantnim kapacitetom okoliša. Indeks intenziteta rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005		NA	<b>n</b> 1,05	<b>4</b> 0,93	NA	NA	NA	NA	🏚 1,99	🖕 0,43	<b>n</b> 1,02	<b>n</b> 1,16	🖕 0,97	<b>4</b> 0,53	NA	NA	NA
2006		NA	<b>P</b> 1,17	₩0,86	NA	NA	NA	NA	🖣 1,91	🖕 0,81	🖕 0,87	🖣 1,04	🖣 1,31	🖕 0,36	NA	NA	NA
2007		NA	<b>P</b> 1,31	0,62	NA	NA	NA	NA	NA	🛉 1,01	🖣 1,04	🖕 0,82	🖕 0,32	🖕 0,62	NA	NA	NA
2008		NA	<b>1</b> ,09	₩0,92	NA	NA	NA	NA	<b>a</b> 3,31	🖕 0,43	0,64 🤟	🛉 1,47	🖕 0,88	🖕 0,70	NA	NA	NA
2009		NA	1,23	₩0,61	NA	NA	NA	NA	<b>a</b> 2,87	🛉 1,37	🖕 0,70	🖕 0,53	🖕 0,83	🖕 0,55	NA	NA	NA
2010	-⇒1,00	NA	<b>n</b> 1,31	₩0,74	NA	NA	NA	NA	🗬 8,97	🖕 0,15	<b>n</b> 1,42	<b>n</b> 1,21	🖕 0,47	🖕 0,66	NA	NA	NA
2011		NA	<b>1</b> ,29	₩0,70	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 2,38	🛉 1,43	🖕 0,50	<b>1</b> ,00	🖕 0,68	0,14	NA	NA	NA
2012		NA	<b>1</b> ,05	₩0,87	NA	NA	NA	NA	🛉 1,17	🛉 1,23	🖕 0,59	🛉 1,91	🖕 0,68	🖕 0,53	NA	NA	NA
2013		NA	<b>1</b> ,52	₩0,55	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 2,82	🛉 1,05	🛉 1,31	🖕 0,27	<b>-</b> 3,11	0,00 🤟	NA	NA	NA
2014		NA	<b>1</b> ,22	₩0,63	NA	NA	NA	NA	🛉 2,84	🖕 0,47	🛉 1,07	<b>4</b> 0,86	🛉 1,07	🖕 0,32	NA	NA	NA
2015	⇒1,00	NA	<b>1</b> ,14	<b>4</b> 0,79	NA	NA	NA	NA	<b>n</b> 1,35	🛉 1,03	0,91 🤟	<b>4</b> 0,83	🛉 1,07	₩ 0,41	NA	NA	NA
Р	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	90,9%	54,5%	45,5%	54,5%	\$6,4%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Tablica 4.25. Indeks intenziteta rasta stadija ličinke – Culex pipiens (PGIL) – model s promjenjivim kapacitetom okoliša za period od 2005. – 2015. godine. Indeks intenziteta rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	-≫1,00	NA	<b>n</b> 1,11	₩0,93	NA	NA	NA	NA	🗬 2,24	🖕 0,90	🖣 1,04	쵞 1,12	🖣 1,06	🖕 0,45	NA	NA	NA
2006	-€1,00	NA	<b>1</b> ,16	₩0,90	NA	NA	NA	NA	<b>7</b> 0,15	🖣 1,61	🖕 0,76	🖕 0,73	<b>P</b> 2,93	🖕 0,37	NA	NA	NA
2007	-€1,00	NA	<b>1,57</b>	₩0,61	NA	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 2,35	<b>n</b> 1,26	🖕 0,32	<b>1</b> ,55	🖕 0,62	NA	NA	NA
2008	-€1,00	NA	<b>1,22</b>	₩0,89	NA	NA	NA	NA	NA	🖕 0,28	🛉 1,05	🛉 1,57	🖕 0,69	🖕 0,45	NA	NA	NA
2009	-⇒1,00	NA	<b>1</b> ,50	₩0,53	NA	NA	NA	NA	<b>@1</b> 18,80	<b>n</b> 1,47	<b>n</b> 1,18	🖕 0,15	<b>a</b> 2,48	🖕 0,59	NA	NA	NA
2010	-€1,00	NA	<b>1,46</b>	₩0,62	NA	NA	NA	NA	<b>\$</b> 30,35	🖕 0,58	<b>1</b> ,35	0,62 🤟	🖕 0,30	🖕 0,89	NA	NA	NA
2011	-€1,00	NA	<b>1,62</b>	₩0,71	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 2,11	<b>1</b> 0,15	🖕 0,59	🛉 1,07	0,12	🖕 0,81	NA	NA	NA
2012	-€1,00	NA	<b>1</b> ,09	₩0,83	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 2,88	<b>n</b> 2,67	0,22 🤟	<b>1</b> ,10	🖕 0,70	0,56	NA	NA	NA
2013	-€1,00	NA	<b>1,26</b>	₩0,78	NA	NA	NA	NA	<b>m</b> 129,30	<b>A</b> 3,13	🖕 0,78	🖕 0,57	🛉 5,50	0,10	NA	NA	NA
2014	-⇒1,00	NA	<b>1</b> ,19	₩0,75	NA	NA	NA	NA	<b>\$</b> 26,34	🖕 0,74	<b>4</b> 0,94	<b>n</b> 1,35	<b>n</b> 1,05	🖕 0,32	NA	NA	NA
2015		NA	<b>1,30</b>	0,71	NA	NA	NA	NA	<b>1</b> 3,32	<b>1</b> 2,06	0,71	0,51	1,54	0,46	NA	NA	NA
Р	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	81,8%	63,6%	45,5%	45,5%	63,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Tablica 4.26. Indeks intenziteta rasta stadija kukuljice – Culex pipiens ( $PGI_P$ ) za period od 2005. – 2015. godine – model s konstantnim kapacitetom okoliša. Indeks intenziteta rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005		NA	1,57	₩0,78	NA	NA	NA	NA		7,63	🖣 1,18	0,80 🤟	🛉 1,61	🖕 0,30	NA	NA	NA
2006		NA	<b>n</b> 1,32	₩0,83	NA	NA	NA	NA	NA	<b>n</b> 1,24	<b>n</b> 1,48	🖕 0,86	🖕 0,87	🖕 0,68	NA	NA	NA
2007		NA	<b>n</b> 1,01	🖕 1,00	NA	NA	NA	NA	NA	🖣 1,20	🖕 0,81	쵞 1,18	🖕 0,87	🖕 0,77	NA	NA	NA
2008	-≫1,00	NA	<b>1</b> ,18	₩0,91	NA	NA	NA	NA	NA	🖣 1,31	⊎ 0,99	🖕 0,81	🛉 1,01	🖕 0,88	NA	NA	NA
2009	⇒1,00	NA	1,11	₩0,93	NA	NA	NA	NA	NA	🗬 1,17	🖣 1,01	🕈 1,19	🖕 0,91	0,65 🤟	NA	NA	NA
2010		NA	<b>n</b> 1,19	0,90 🤟	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 129,3	🖣 1,36	🖣 1,05	0,90 🤟	🖣 1,12	🖕 0,36	NA	NA	NA
2011	-≫1,00	NA	<b>1</b> ,15	0,92 🤟	NA	NA	NA	NA	<b>1</b> 2787,5	🖣 1,39	🖣 1,01	🖕 0,72	🛉 1,27	🖕 0,63	NA	NA	NA
2012		NA	<b>1</b> ,37	0,75	NA	NA	NA	NA	🗬 6,94	🖕 0,95	<b>P</b> 2,19	0,68 🤟	🛉 1,18	🖕 0,50	NA	NA	NA
2013		NA	<b>1</b> ,07	₩0,96	NA	NA	NA	NA	NA	🖣 1,15	🖕 0,97	🖣 1,57	🖕 0,63	🖕 0,85	NA	NA	NA
2014		NA	<b>n</b> 1,04	₩0,94	NA	NA	NA	NA	NA	🛉 1,06	<b>n</b> 1,02	🏚 1,13	🖕 0,93	🖕 0,69	NA	NA	NA
2015		NA	<b>1,02</b>	₩0,99	NA	NA	NA	NA	NA	🛉 1,01	🛉 1,03	1,29	🖕 0,76	🖕 0,86	NA	NA	NA
Р	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	27,3%	90,9%	72,7%	45,5%	45,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Tablica 4.27. Indeks intenziteta rasta stadija kukuljice – Culex pipiens ( $PGI_P$ ) – model s promjenjivim kapacitetom okoliša za period od 2005. – 2015. godine. Indeks intenziteta rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	-⇒1,00	NA	<b>n</b> 1,64	₩0,80	NA	NA	NA	NA		<b>n</b> 7,18	🏚 1,27	🖕 0,81	🐢 1,85	🖕 0,25	NA	NA	NA
2006		NA	<b>n</b> 1,20	40,80	NA	NA	NA	NA	NA	<b>n</b> 1,25	🐢 1,11	🖕 0,55	🛉 1,28	🖕 0,49	NA	NA	NA
2007	-≫1,00	NA	<b>n</b> 1,01	0,99 🤟	NA	NA	NA	NA	NA	<b>n</b> 1,25	🖕 0,86	🛉 1,06	🛉 1,09	🖕 0,77	NA	NA	NA
2008	⇒1,00	NA	<b>1</b> ,42	₩0,79	NA	NA	NA	NA	NA	🛉 1,53	<b>1</b> ,38	🖕 0,77	🖕 0,96	0,51	NA	NA	NA
2009	-€1,00	NA	<b>1</b> ,15	₩0,90	NA	NA	NA	NA	NA	<b>n</b> 1,10	<b>1</b> ,22	<b>b</b> 0,83	🛉 1,31	🖕 0,68	NA	NA	NA
2010	-€1,00	NA	<b>1</b> ,25	₩0,87	NA	NA	NA	NA	<b>4</b> 361,5	<b>n</b> 1,42	🛉 1,07	<b>b</b> 0,83	🖕 0,96	🖕 0,76	NA	NA	NA
2011	-€1,00	NA	1,17	₩0,89	NA	NA	NA	NA	<b>1</b> 8893,5	<b>1</b> ,55	<b>1</b> ,03	0,68 🤟	🛉 1,03	<b>4</b> 0,85	NA	NA	NA
2012	-€1,00	NA	<b>P</b> 1,04	₩0,94	NA	NA	NA	NA	NA	🛉 1,16	🖕 0,97	🛉 1,32	🖕 0,40	🖕 0,95	NA	NA	NA
2013	€1,00	NA	<b>1,03</b>	₩0,97	NA	NA	NA	NA	NA	<b>n</b> 1,19	<b>4</b> 0,87	<b>1</b> ,05	<b>4</b> 0,80	🖕 0,89	NA	NA	NA
2014		NA	<b>1,04</b>	₩0,96	NA	NA	NA	NA	NA	<b>1,06</b>	0,97 🤟	<b>1,20</b>	<b>4</b> 0,93	<b>4</b> 0,69	NA	NA	NA
2015	-€1,00	NA	1,03	0,98 🤟	NA	NA	NA	NA	NA	1,06	0,99 🤟	🛉 1,08	🛉 1,06	<b>4</b> 0,85	NA	NA	NA
Р	0,0%	0,0%	100,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	18,2%	100,0%	54,5%	45,5%	54,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

Tablica 4.28. Indeks intenziteta rasta stadija odraslih – Culex pipiens (PGI<sub>A</sub>) za period od 2005. – 2015. godine – model s konstantnim kapacitetom okoliša. Indeks intenziteta rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	₩0,87	NA	₩0,98	₩0,81	NA	NA	NA	NA	4 0,00	ψ 0	<b>P</b> 2,30	<b>n</b> 1,26	🖕 0,50	🖕 0,50	NA	NA	NA
2006	₩0,91	NA	<b>1</b> ,10	₩0,82	NA	NA	NA	NA	4 0,00	🛉 5,33	🖕 0,84	<b>P</b> 2,12	<b>b</b> 0,23	<b>b</b> 0,62	NA	NA	NA
2007	₩0,85	NA	₩0,82	₩0,89	NA	NA	NA	NA	4 0,00	🛉 1,56	🖕 0,58	🖣 1,18	🖕 0,64	🖕 0,37	NA	NA	NA
2008	<b>1</b> ,04	NA	<b>1</b> ,16	₩0,96	NA	NA	NA	NA	4 0,00	<b>1</b> 6,12	🖕 0,81	🖕 0,40	🖕 0,98	<b>P</b> 2,85	NA	NA	NA
2009	₩0,91	NA	₩0,82	<b>1</b> ,04	NA	NA	NA	NA	4 0,00	<b>4</b> 3,54	🖕 0,27	🛉 1,92	<b>P</b> 1,43	<b>4</b> 0,28	NA	NA	NA
2010	₩0,86	NA	<b>4</b> 0,69	₩0,99	NA	NA	NA	NA	4 0,00	<b>4</b> ,45 <b>•</b>	🖕 0,30	<b>n</b> 1,23	<b>a</b> 2,60	<b>4</b> 0,02	NA	NA	NA
2011	₩0,91	NA	₩0,89	₩0,92	NA	NA	NA	NA	4 0,00	<b>1</b> 3,5	0,71	<b>4</b> 0,72	<b>P</b> 2,10	<b>4</b> 0,24	NA	NA	NA
2012	<b>4</b> 0,92	NA	₩0,89	₩0,94	NA	NA	NA	NA	4 0,00	🛉 1,08	🛉 1,71	<b>1</b> ,10	🖕 0,68	<b>4</b> 0,88	NA	NA	NA
2013	₩0,81	NA	₩0,89	₩0,75	NA	NA	NA	NA	4 0,00	<b>4</b> 3,02	<b>P</b> 1,14	<b>1</b> ,47	0,54	🖕 0,17	NA	NA	NA
2014	₩0,85	NA	₩0,92	₩0,71	NA	NA	NA	NA	4 0,00	🛉 6,97	🖕 0,39	🖕 0,49	🖕 0,91	🛉 1,04	NA	NA	NA
2015	₩0,97	NA	₩0,72	<b>1,26</b>	NA	NA	NA	NA	4 0,00	<b>n</b> 1,06	<b>4</b> 0,96	<b>1,30</b>	4 0,80	<b>4</b> 3,15	NA	NA	NA
Р	9,1%	0,0%	18,2%	18,2%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	90,9%	27,3%	72,7%	27,3%	27,3%	0,0%	0,0%	0,0%

Tablica 4.29. Indeks intenziteta rasta stadija odraslih – Culex pipiens ( $PGI_A$ ) – model s promjenjivim kapacitetom okoliša za period od 2005. – 2015. godine. Indeks intenziteta rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	<b>P</b> 1,05	NA	<b>\$</b> 2,24	₩0,82	NA	NA	NA	NA	0,00 🤟	<b>b</b> 1	<b>a</b> 2,48	🐢 1,19	🖕 0,63	🖕 0,45	NA	NA	NA
2006	₩0,99	NA	<b>@</b> 1,36	₩0,66	NA	NA	NA	NA	0,00 🤟	<b>@</b> 6,57	0,51 🤟	🖕 0,50	🖣 1,52	🖕 0,15	NA	NA	NA
2007	<b>1</b> ,00	NA	1,14	₩0,87	NA	NA	NA	NA	0,00 🤟	4,67	0,71	40,88 🤟	🛉 1,43	🖕 0,37	NA	NA	NA
2008	<b>1</b> ,08	NA	<b>\$</b> 2,93	₩0,59	NA	NA	NA	NA	0,00 🤟	<b>1</b> 0,23	<b>P</b> 2,41	🖕 0,39	🖕 0,84	🛉 1,67	NA	NA	NA
2009	<b>@</b> 1,07	NA	<b>@</b> 1,11	<b>1,03</b>	NA	NA	NA	NA	4 0,00	<b>4</b> 3,72	0,52	0,81 🤟	<b>أ</b> 5,46	🖕 0,34	NA	NA	NA
2010	₩1,00	NA	1,01	₩0,98	NA	NA	NA	NA	0,00 🤟	<b>1</b> 1,19	🖕 0,18	🛉 1,09	🛉 1,08	🖕 0,28	NA	NA	NA
2011	<b>P</b> 1,01	NA	<b>1,30</b>	₩0,84	NA	NA	NA	NA	0,00 🤟	🛉 11,1	🖕 0,78	0,68 🤟	🛉 1,04	🖕 0,88	NA	NA	NA
2012	<b>1</b> ,06	NA	1,04	1,08	NA	NA	NA	NA	0,00 🤟	1,69	🖕 0,75	🛉 1,15	🖕 0,82	<b>P</b> 1,56	NA	NA	NA
2013	₩0,99	NA	<b>1,20</b>	₩0,86	NA	NA	NA	NA	0,00 🤟	4,42	0,52 🤟	0,80 🤟	🛉 1,18	🖕 0,24	NA	NA	NA
2014	<b>1</b> ,02	NA	<b>1</b> ,13	₩0,84	NA	NA	NA	NA	0,00 🤟	<b>n</b> 7,48	0,24	0,68 🤟	🖕 0,91	<b>n</b> 1,05	NA	NA	NA
2015	<b>1</b> ,04	NA	₩0,99	1,10	NA	NA	NA	NA	0,00 🤟	1,92	0,64	1,02	1,08	1,25	NA	NA	NA
Р	72,7%	0,0%	90,9%	27,3%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	90,9%	18,2%	86,4%	63, <mark>6%</mark>	86,4%	0,0%	0,0%	0,0%

Tablica 4.30. Indeks potencijala rasta stadija jajašca – Culex pipiens ( $PGP_E$ ) – model s konstantnim kapacitetom okoliša za period od 2005. – 2015. godine. Indeks potencijala rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	🖕 0,92	NA	🖕 0,90	0,79	NA	NA	NA	NA	<b>a</b> 2,00	🖕 0,35	-≫1,00	<b>4</b> 0,72	₩0,82	<b>4</b> 0,83	NA	NA	NA
2006	🖕 0,91	NA	0,90 🤟	0,83 🤟	NA	NA	NA	NA	1,31	0,82 🤟	0,67 🤟	🛉 1,07	🖕 0,94	0,47 🤟	NA	NA	NA
2007	🖕 0,96	NA	<b>P</b> 1,39	0,58 🤟	NA	NA	NA	NA	<b>\$</b> ,00	🛉 1,07	0,67 🤟	🖕 0,55	0,63 🤟	0,57	NA	NA	NA
2008	🖕 0,93	NA	🖕 0,98	₩0,85	NA	NA	NA	NA	<b>2,75</b>	🖕 0,55	0,67 🤟	🖕 0,63	🖕 0,94	🛉 1,09	NA	NA	NA
2009	0,91 🤟	NA	<b>1</b> ,02	0,73	NA	NA	NA	NA	1,73	0,94 🤟	0,67	<b>4</b> 0,72	<b>n</b> 1,07	0,44 🤟	NA	NA	NA
2010	40,89 🔶	NA	<b>1,07</b>	0,62	NA	NA	NA	NA	→1,00	<b>P</b> 1,21	→1,00	1,07	0,72	0,16	NA	NA	NA
2011	🖕 0,95	NA	₩0,90	0,87 🤟	NA	NA	NA	NA	1,50	🛉 1,07	0,43	🛉 1,07	0,82 🤟	0,69 🤟	NA	NA	NA
2012	40,86	<b>-</b> 6,00	0,69 🤟	₩0,95	NA	NA	NA	<b>-</b> 6,00	0,58	0,94 🤟	0,58	🌪 1,21	0,48 🤟	<b>1</b> ,75	NA	NA	NA
2013	0,90 🤟	NA	<b>1</b> ,12	0,71	NA	NA	NA	NA	1,89	<b>1,38</b>	₩0,58	0,63	<b>n</b> 1,21	0,38	NA	NA	NA
2014	<b>P</b> 1,01	7,00	<b>1,02</b>	₩0,87	NA	NA	NA	7,00	1,31	0,82	→1,00	<b>4</b> 0,72	<b>4</b> 0,82	<b>1</b> ,20	NA	NA	NA
2015	0,94 🤟	NA	<b>4</b> 0,78	₩0,95	NA	NA	NA	NA	1,31	0,55 🤟	0,67	🖕 0,94	0,94 🤟	→1,00	NA	NA	NA
Р	9,1%	18,2%	45,5%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	18,2%	81,8%	36,4%	0,0%	36,4%	18,2%	27,3%	0,0%	0,0%	0,0%

Tablica 4.31. Indeks potencijala rasta stadija jajašca – Culex pipiens ( $PGP_E$ ) – model s promjenjivim kapacitetom okoliša za period od 2005. – 2015. godine. Indeks potencijala rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	🖣 1,09	NA	<b>n</b> 1,22	₩0,83	NA	NA	NA	NA	<b>a</b> 2,75	🖕 0,72	-≫1,00	<b>4</b> 0,72	🖕 0,82	-⇒1,00	NA	NA	NA
2006	🖣 1,09	NA	<b>P</b> 1,28	0,83 🤟	NA	NA	NA	NA	<b>A</b> 3,29	🖣 1,07	0,67 🤟	🖕 0,82	🖣 1,21	0,47 🤟	NA	NA	NA
2007	🖣 1,17	NA	🖣 1,53	0,83 🤟	NA	NA	NA	NA	🗬 6,50	ף 1,21	0,67 🤟	🖕 0,72	🖣 1,07	🖕 0,69	NA	NA	NA
2008	<b>n</b> 1,05	NA	🗬 1,17	🖕 0,89	NA	NA	NA	NA	<b>A</b> 3,29	🖕 0,72	0,76	🖕 0,82	🖕 0,82	🖣 1,09	NA	NA	NA
2009	🕈 1,02	NA	🐢 1,12	₩0,85	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 2,33	🖕 0,82	0,76	🖕 0,63	🖣 1,82	0,44	NA	NA	NA
2010	1,08	NA	<b>P</b> 1,39	0,71	NA	NA	NA	NA	1,50	🛉 1,38	<b>n</b> 1,31	🛉 1,07	🖕 0,55	0,57	NA	NA	NA
2011	1,08	NA	<b>n</b> 1,02	→1,00	NA	NA	NA	NA	<b>1</b> 2,00	🛉 1,38	0,36	🖕 0,94	🖕 0,94	<b>1</b> ,20	NA	NA	NA
2012	<b>n</b> 1,25	NA	🐢 1,17	<b>P</b> 1,15	NA	NA	NA	NA	<b>2,00</b>	🖕 0,94	₩0,88	🖣 1,82	🛉 1,21	0,57	NA	NA	NA
2013	🛉 1,11	NA	<b>P</b> 1,23	→1,00	NA	NA	NA	NA	2,71	🛉 1,38	0,58 🤟	🖕 0,72	<b>P</b> 2,88	0,38	NA	NA	NA
2014	<b>1</b> ,20	<b>a</b> 7,00	<b>1,33</b>	₩0,95	NA	NA	NA	NA	<b>1</b> 2,33	<b>4</b> 0,82	<b>n</b> 1,31	<b>4</b> 0,82	🖕 0,82	<b>1</b> ,44	NA	NA	NA
2015	1,09	NA	<b>1,07</b>	0,95 🤟	NA	NA	NA	NA	<b>2,00</b>	🛉 1,07	0,58	🖕 0,94	0,94 🤟	→1,00	NA	NA	NA
Р	100,0%	9,1%	100,0%	9,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	100,0%	54,5%	18,2%	18,2%	45,5%	27,3%	0,0%	0,0%	0,0%

Tablica 4.32. Indeks potencijala rasta stadija ličinke – Culex pipiens (PGP<sub>L</sub>) model s konstantnim kapacitetom okoliša za period od 2005. – 2015. godine. Indeks potencijala rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	🖣 1,08	NA	🗬 1,17	🖕 0,89	NA	NA	NA	NA	<b>@</b> 6,50	0,94 🤟	0,36	🖕 0,72	🖣 1,07	<b>4</b> 0,92	NA	NA	NA
2006	🖕 0,65	NA	🖕 0,78	0,47 🤟	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 2,00	0,41 🧄	0,58 🤟	🖕 0,63	🖕 0,63	<b>4</b> 0,15	NA	NA	NA
2007	🖕 0,95	NA	<b>1</b> ,39	0,60 🤟	NA	NA	NA	NA	NA	0,55 🤟	0,67	🖕 0,63	🖕 0,48	🖕 0,77	NA	NA	NA
2008	🖕 0,69	NA	🖕 0,63	🖕 0,76	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 2,86	0,15 🤟	🖕 0,50	<b>4</b> 0 <i>,</i> 63	🖕 0,63	🖣 1,18	NA	NA	NA
2009	🖕 0,87	NA	🛉 1,22	🖕 0,59	NA	NA	NA	NA	<b>@</b> 6,50	0,55 🤟	🖕 0,76	🖕 0,63	🖕 0,63	<b>4</b> 0,50	NA	NA	NA
2010	🖕 0,91	NA	🛉 1,28	🖕 0,55	NA	NA	NA	NA	<b>@</b> 14,00	0,48 🤟	0,76	🖕 0,55	🖕 0,55	<b>4</b> 0,53	NA	NA	NA
2011	0,91 🤟	NA	🛉 1,17	0,60 🤟	NA	NA	NA	NA	<b>4</b> ,00	0,72	0,67	🖕 0,72	0,72	<b>4</b> 0,35	NA	NA	NA
2012	🖕 0,92	NA	🖕 0,75	🖕 0,98	NA	NA	NA	NA	🌪 1,14	0,82 🤟	0,43 🤟	<b>n</b> 1,38	🖕 0,63	🛉 1,09	NA	NA	NA
2013		NA	🛉 1,31	🖕 0,77	NA	NA	NA	NA	<b>6</b> ,33	0,94 🤟	0,76	🖕 0,63	<b>P</b> 2,88	0,10	NA	NA	NA
2014	🖣 1,03	NA	🛉 1,12	🖕 0,85	NA	NA	NA	NA	<b>4</b> ,00	0,48 🤟	0,88 🤟	<b>4</b> 0,72	<b>4</b> 0,82	🛉 1,09	NA	NA	NA
2015	40,85 🤟	NA	0,90	0,70	NA	NA	NA	NA	<b>1,50</b>	0,55	₩0,88	0,55	0,94	0,64	NA	NA	NA
Р	18,2%	0,0%	63,6%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	90,9%	0,0%	0,0%	9,1%	18,2%	27,3%	0,0%	0,0%	0,0%

Tablica 4.33. Indeks potencijala rasta stadija ličinke – Culex pipiens (PGPL) – model s promjenjivim kapacitetom okoliša za period od 2005. – 2015. godine. Indeks potencijala rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	🖣 1,14	<b>4</b> 19,00	🖕 0,93	🖕 0,84	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 2,63	<b>4</b> 0,36	₩0,88	🖕 0,55	<b>n</b> 1,21	🖕 0,88	NA	NA	NA
2006	🖣 1,05	<b>@</b> 10,67	🖕 0,60	🖕 0,88	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 1,14	🖕 0,48	0,36 🤟	🖕 0,82	<b>P</b> 1,58	🖕 0,50	NA	NA	NA
2007	<b>a</b> 1,36	<b>A</b> 3,2	🖕 0,72	🖕 0,84	NA	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 1,38	→1,00	🖕 0,72	0,72 🤟	🏟 1,14	NA	NA	NA
2008	1,08	4,67	🛉 1,17	40,80 🖶	NA	NA	NA	NA	NA	🖕 0,94	0,50	🛉 1,07	0,55 🤟	<b>4</b> 0,88	NA	NA	NA
2009	🖣 1,19	<b>4</b> 7,67	🖣 1,02	🖕 0,74	NA	NA	NA	NA		🖕 0,82	<b>n</b> 1,31	🖕 0,72	0,48 🤟	🛉 1,14	NA	NA	NA
2010	<b>P</b> 2,24	<b>a</b> 8,3	4,06	🖕 0,84	NA	NA	NA	NA	<b>4</b> 3,29	🕈 5,20	<b>4</b> ,00	🖕 0,82	🛉 1,07	🖕 0,67	NA	NA	NA
2011	🛉 1,71	<b>4</b> 5,80	<b>4</b> 3,00	40,80 🖶	NA	NA	NA	NA	0,64 🤟	<b>\$</b> ,20	<b>@</b> 14,00	🛉 1,07	0,55 🤟	<b>4</b> 0,88	NA	NA	NA
2012	🖕 0,97	<b>A</b> 3,14	<b>4</b> 0,65	🖕 0,77	NA	NA	NA	NA	₩0,20	<b>4</b> 0,82	<b>P</b> 1,31	🖕 0,94	<b>4</b> 0,35	🏟 1,31	NA	NA	NA
2013	<b>n</b> 1,26	<b>4</b> 6,50	<b>n</b> 1,20	🖕 0,74	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 1,23	0,41 🤟	<b>4</b> ,00	🖕 0,19	<b>P</b> 1,58		NA	NA	NA
2014	🖣 1,09	<b>P</b> 1,81	🖕 0,84	🖣 1,04	NA	NA	NA	NA	0,00 🤟	<b>A</b> 3,17	0,30	🖕 0,55	🛉 1,07	<b>a</b> 2,00	NA	NA	NA
2015	🕈 1,17	<b>A</b> 3,10	40,86	🖕 0,92	NA	NA	NA	NA	0,76	1,82	0,43	🖕 0,55	0,94 🤟	🛉 1,50	NA	NA	NA
Р	90,9%	100,0%	45,5%	9,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	36,4%	45,5%	45,5%	18,2%	45,5%	45,5%	0,0%	0,0%	0,0%

Tablica 4.34. Indeks potencijala rasta stadija kukuljice – Culex pipiens (PGP<sub>P</sub>) model s konstantnim kapacitetom okoliša za period od 2005. – 2015. godine. Indeks potencijala rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	🖕 0,69	NA	🖣 1,27	🖕 0,44	NA	NA	NA	NA	<b>e</b> ,00	4,75	<b>4</b> 0,38	🖕 0,48	<b>4</b> 0,48	0,35	NA	NA	NA
2006	🖣 1,07	NA	<b>P</b> 2,13	৬ 0,60	NA	NA	NA	NA	NA	<b>a</b> ,43 🛉	0,88 🤟	🖕 0,82	<b>4</b> 0,63	0,35 🤟	NA	NA	NA
2007	0,81 🤟	NA	<b>n</b> 1,23	🖕 0,57	NA	NA	NA	NA	NA	🖣 1,07	0,88 🤟	🖕 0,72	<b>4</b> 0,72	0,28 🤟	NA	NA	NA
2008	0,94 🧄	NA	🗬 1,54	🖕 0,62	NA	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 2,88	0,50	<b>4</b> 0,48	<b>4</b> 0,94	0,50	NA	NA	NA
2009	0,87 🤟	NA	🖣 1,20	৬ 0,65	NA	NA	NA	NA	NA	n 1,38	<b>4</b> 0,36	🖕 0,72	<b>4</b> 0,82	0,41	NA	NA	NA
2010	0,80 🤟	NA	🖣 1,61	<b>4</b> 0,42	NA	NA	NA	NA	<b>@</b> 12,00	n 2,33	🖕 0,67	🖕 0,55	<b>4</b> 0,63	0,10	NA	NA	NA
2011	<b>n</b> 1,09	NA	🖣 1,77	🖕 0,73	NA	NA	NA	NA	<b>@</b> 10,00	<b>a</b> 2,88	0,76	🖕 0,94	<b>b</b> 0,94	0,35 🧄	NA	NA	NA
2012	<b>n</b> 1,13	NA	🖣 1,50	🖕 0,85	NA	NA	NA	NA	<b>4</b> 23,00	<b>4</b> 0 <i>,</i> 48	<b>n</b> 1,50	🖕 0,94	<b>n</b> 1,38	0,35 🤟	NA	NA	NA
2013	<b>n</b> 1,03	NA	৬ 0,97	🖣 1,07	NA	NA	NA	NA	NA	<b>4</b> 0 <i>,</i> 82	🖕 0,67	🖣 1,38	0,41	<b>P</b> 2,83	NA	NA	NA
2014	<b>n</b> 1,12	NA	<b>P</b> 2,25	🖕 0,60	NA	NA	NA	NA	NA	n 2 <i>,</i> 88	<b>4</b> 0,88	🖕 0,55	<b>4</b> 0,48	<b>4</b> 0,92	NA	NA	NA
2015	0,90 🤟	NA	🛉 1,03	₩0,81	NA	NA	NA	NA	NA	0,63 🤟	0,76	🛉 1,21	<b>4</b> 0,94	0,35	NA	NA	NA
Р	45,5%	0,0%	90,9%	9,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	36,4%	72,7 <mark>%</mark>	9,1%	18,2%	9,1%	9,1%	0,0%	0,0%	0,0%

Tablica 4.35. Indeks potencijala rasta stadija kukuljice – Culex pipiens (PGPP) – model s promjenjivim kapacitetom okoliša za period od 2005. – 2015. godine. Indeks potencijala rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	🖕 0,97	NA	🖣 1,82	🖕 0,46	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 8,00	<b>P</b> 5,00	0,71	🖕 0,41	0,72	0,30	NA	NA	NA
2006	<b>n</b> 1,05	NA	🖕 0,60	🖕 0,88	NA	NA	NA	NA	NA	🖕 0,48	🖕 0,36	🖕 0,82	<b>n</b> 1,58	₩ 0,50	NA	NA	NA
2007	🕈 1,14	NA	🐢 1,77	🖕 0,61	NA	NA	NA	NA	NA	🖕 0,94		🖕 0,82	0,72	<b>4</b> 0,36	NA	NA	NA
2008	🖣 1,34	NA	🖣 1,80	🖕 0,77	NA	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 2,10	🖕 0,50	🖕 0,94	🛉 1,07	0,43	NA	NA	NA
2009	🖣 1,12	NA	<b>n</b> 1,32		NA	NA	NA	NA	NA	🖕 0,82	0,43 🤟	<b>n</b> 1,38	0,82 🤟	40,88 🤟	NA	NA	NA
2010	🖣 1,29	NA	🛉 1,70	🖕 0,56	NA	NA	NA	NA	<b>@</b> 20,00	<b>P</b> 2,00	🖕 0,58	0,41 🤟	<b>4</b> 0,94	0,43	NA	NA	NA
2011	🕈 1,51	NA	<b>A</b> 3,18	🖕 0,92	NA	NA	NA	NA	<b>@</b> 13,00	<b>@</b> 12,50	🗬 1,14	🛉 1,07	<b>n</b> 1,07	🖕 0,67	NA	NA	NA
2012	🕈 1,14	NA	<b>P</b> 1,46		NA	NA	NA	NA	NA	🖕 0,29	🖣 1,50	🛉 1,21	<b>n</b> 1,21	🖕 0,67	NA	NA	NA
2013	<b>n</b> 1,35	NA	🐢 1,11	🖣 1,19	NA	NA	NA	NA	NA	🖕 0,55	🖕 0,88	🖣 1,21	0,41 🤟	🕈 4,00	NA	NA	NA
2014	<b>4</b> 0,85	NA	🖕 0,96	🖕 0,64	NA	NA	NA	NA	NA	<b>P</b> 2,00	🖕 0,67	🛉 1,21	0,41	₩ 0,50	NA	NA	NA
2015	🕈 1,13	NA	🖣 1,08	🖕 0,70	NA	NA	NA	NA	NA	🖕 0,63	🖕 0,58	🛉 1,21	0,72	0,36	NA	NA	NA
Р	81,8%	0,0%	81,8%	9,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	27,3%	45,5%	18,2%	54, <mark>5%</mark>	36,4%	9,1%	0,0%	0,0%	0,0%

Tablica 4.36. Indeks potencijala rasta odraslih jedinki – Culex pipiens (PGP<sub>A</sub>) model s konstantnim kapacitetom okoliša za period od 2005. – 2015. godine. Indeks potencijala rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	0,41 🤟	NA	<b>4</b> 0,30	🖕 0,58	NA	NA	NA	NA	0,08 🤟	0,15 🤟	<b>4</b> 0 <i>,</i> 88	🖕 0,82	<b>4</b> 0,41	<b>4</b> 0,57	NA	NA	NA
2006	0,46 🤟	NA	🖕 0,36	0,53	NA	NA	NA	NA	0,12	0,41	0,67 🤟	🖣 1,38	🖕 0,29	<b>4</b> 0,22	NA	NA	NA
2007	0,61 🤟	NA	<b>4</b> 0,49	0,75 🤟	NA	NA	NA	NA	0,30	0,55 🤟	<b>4</b> 0,67	🖕 0,63	🛉 1,38	0,38 🤟	NA	NA	NA
2008	0,61 🤟	NA	0,51	🖕 0,77	NA	NA	NA	NA	0,17	0,72	0,76	🖕 0,48	🖕 0,72	🛉 1,56	NA	NA	NA
2009	0,46 🤟	NA	🖕 0,32	0,63 🤟	NA	NA	NA	NA	🖕 0,03	0,72	<b>4</b> 0,36	🖕 0,63	🛉 1,07	<b>4</b> 0,28	NA	NA	NA
2010	0,53	NA	🖕 0,36	🖕 0,79	NA	NA	NA	NA	0,00 🤟	0,63 🤟	0,67 🤟	🖣 1,38	🖕 0,94	0,22 🤟	NA	NA	NA
2011	0,42 🤟	NA	<b>4</b> 0,23	0,68 🤟	NA	NA	NA	NA	0,00 🤟	0,41	<b>4</b> 0,36	<b>4</b> 0,82	0,72	🖕 0,47	NA	NA	NA
2012	0,61 🤟	NA	🖕 0,53	0,75 🤟	NA	NA	NA	NA	₩0,04	0,82 🤟	🛉 1,14	🖕 0,82	🖕 0,72	🖕 0,69	NA	NA	NA
2013	0,60	NA	🖕 0,62	🖕 0,58	NA	NA	NA	NA	₩0,11	<b>n</b> 1,38	<b>4</b> 0,58	🖣 1,38	₩0,41	<b>4</b> 0,22	NA	NA	NA
2014	0,51	NA	🖕 0,47	0,62 🤟	NA	NA	NA	NA	🖕 0,07	0,82 🤟	0,76	0,41 🤟	🛉 1,07	🖕 0,47	NA	NA	NA
2015	0,58	NA	0,29	<b>1</b> ,15	NA	NA	NA	NA	0,08 🤟	0,24	0,67	🛉 1,21	0,82	1,75	NA	NA	NA
Р	0,0%	0,0%	0,0%	9,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	9,1%	9,1%	36,4%	27,3%	18,2%	0,0%	0,0%	0,0%

Tablica 4.37. Indeks potencijala rasta odraslih jedinki – Culex pipiens (PGP<sub>A</sub>) model s promjenjivim kapacitetom okoliša za period od 2005. – 2015. godine. Indeks potencijala rasta izračunat je na godišnjoj razini (G), po tromjesečjima (M1-M3, M3-M6, M6-M9, M9-M12) te na mjesečnoj razini (M1-M12).

GODINA	G	M1-M3	M4-M6	M7-M9	M10-12	M1	M2	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M9	M10	M11	M12
2005	🖕 0,57	NA	🖕 0,79	0,46	NA	NA	NA	NA	₩0,50	🖣 1,36	₩0,58	<b>4</b> 0,55	0,41 🤟	0,43	NA	NA	NA
2006	🖕 0,74	NA	<b>P</b> 1,65	0,46 🤟	NA	NA	NA	NA	NA	<b>a</b> 3,43	0,58 🤟	0,63 🤟	0,48 🤟	0,30	NA	NA	NA
2007	🖕 0,92	NA	<b>P</b> 1,76	🖕 0,74	NA	NA	NA	NA	NA	🖣 1,38	40,88 🤟	🛉 1,07	🖕 0,94	0,36 🤟	NA	NA	NA
2008	🖕 0,93	NA	<b>P</b> 2,59	0,56	NA	NA	NA	NA	NA	<b>n</b> 3,43	-⇒1,00	0,48 🤟	0,82 🤟	0,43	NA	NA	NA
2009	🖕 0,67	NA	<b>n</b> 1,02	🖕 0,59	NA	NA	NA	NA	NA	🛉 1,07	0,15 🤟	🛉 1,07	0,72	0,20	NA	NA	NA
2010	<b>n</b> 1,08	NA	<b>P</b> 1,44	🖕 0,67	NA	NA	NA	NA	<b>1,08</b>	<b>P</b> 2,88	-⇒1,00	0,55 🤟	🛉 1,21	0,43	NA	NA	NA
2011	0,98 🤟	NA	<b>P</b> 2,39	40,80	NA	NA	NA	NA	<b>n</b> 1,86	🛉 1,80	<b>4</b> ,00	<b>4</b> 0,82	0,63 🤟	→1,00	NA	NA	NA
2012	40,88 🤟	NA	<b>P</b> 1,31	🖕 0,77	NA	NA	NA	NA	NA	🖕 0,19	1,31	0,63 🤟	🖕 0,94	0,76	NA	NA	NA
2013	🖕 0,59	NA	🖕 0,92	0,64 🤟	NA	NA	NA	NA	NA	<b>4</b> 0,35	1,14	0,94 🤟	0,55 🤟	0,50	NA	NA	NA
2014	40,88 🖖	NA	<b>P</b> 1,56	🖕 0,77	NA	NA	NA	NA	NA	<b>1</b> 10,00	-⇒1,00	<b>4</b> 0,82	<b>4</b> 0,72	0,76	NA	NA	NA
2015	0,91 🤟	NA	🖕 0,93	<b>4</b> 0,92	NA	NA	NA	NA	<b>a</b> ,00	0,94 🤟	0,50	<b>1</b> ,21	0,72	0,88 🤟	NA	NA	NA
Р	9,1%	0,0%	72,7%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	27,3%	72,7%	27,3%	27,3%	9,1%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%

# **4.4. Simulacije promjene abiotičkih čimbenika u jedanaestogodišnjem razdoblju** (2005-2015.)

## 4.4.1. Simulacija utjecaja promjene srednjih dnevnih temperatura na vrstu Aedes vexans

Izvedene simulacije promjene temperatura mogu se podijeliti u dvije osnovne skupine. U simulacijama 1-3 istraživanje su linearne promjene srednjih dnevnih temperature u različitim periodima godine u jedanaestogodišnjem razdoblju. Cilj simulacija 4-6 je istraživanje utjecaja randomiziranih promjena srednjih dnevnih temperatura i njihove varijacije u pojedinim periodima godine također u jedanaestogodišnjem razdoblju. Sve simulacije napravljene su za odrasle jedinke i za ličinke budući da su to razvojni stadiji komaraca koji su zanimljivi u kontekstu njihove kontrole i suzbijanja.

Prilikom istraživanja utjecaja promjene temperature istraživana je sama dinamika populacije odraslih jedinki i ličinki, tj. što se događa sa samom dinamikom pri različitim simuliranim uvjetima u smislu vremenske promjene. U tu svrhu izračunavat je postotak sinkronosti koji pokazuje broj zajedničkih pikova u dinamici populacije između tzv. "nulte simulacije" tj. same dinamike populacije kava je bila u pojedinoj godini i dinamike populacije u simuliranim uvjetima. Također, istražena je promjena u relativnom opterećenju odraslih jedinki i ličinki pri različitim simuliranim uvjetima.

Prije pregleda rezultata potrebno je objasniti grafičke prikaze na kojima su prikazani rezultati simulacija. Za istraživanje utjecaja promjena temperature na dinamiku populacije pojedinih razvojnih stadija napravljene su dvije vrste grafičkog prikaza. Na oba grafička prikaza na x-osi prikazan je dio godine od travnja do studenog za svaku simuliranu godinu budući da je to period sezone relevantan za obje modelirane vrste komaraca. Na y-osi grafičkih prikaza prikazana je simulirana promjena temperature ( $\Delta$ T) u odnosu na stvarnu temperaturu u istraživanoj godini. Područje grafičkog prikaza na kojem je  $\Delta$ T jednak 0 °C predstavlja dinamiku populacije u simuliranoj godini s obzirom na okolišne čimbenike u toj godini. Pomak prema pozitivnim ili negativnim promjenama temperatura pokazuju simulaciju dinamike populacije s obzirom na zadanu promjenu temperature. Dakle, promjene je potrebno promatrati u odnosu na  $\Delta$ T=0°C. Prvi grafički prikaz omogućuje istraživanje promjena u dinamici populacije pojedinog razvojnog stadija u smislu samog povećanja broja jedinku u odnosu na tzv. "nultu" simulaciju, kao i vremenske pomake u samoj dinamici populacije s obzirom na simuliranu promjenu temperature.

Na drugoj vrsti grafičkog prikaza prikazana je razlika u broju jedinki između broja jedinki s obzirom na abiotičke čimbenike u simuliranoj godini (tzv. " nulto" stanje) i broja jedinki u pojedinoj simulaciji promjene temperature. Ova vrsta grafičkog prikaza omogućuje uvid u povećanja ili smanjenja brojnosti populacije pojedinog razvojnog stadija u pojedinim periodima godine s obzirom na simuliranu promjenu temperature. Ova promjena u brojnosti može biti rezultat samog smanjenja ili povećanja brojnosti u pojedinom periodu godine kao rezultat promjene temperature ili rezultat vremenskog pomaka u dinamici pa je u pojedinim periodima prisutan manji ili veći broj jedinki u odnosu na "nulto" stanje dinamike u pojedinoj godini. Bijela boja prikazuje područje u kojem nema promjena brojnosti jedinki; crvena boja pokazuje da je boj jedinku u simulaciji veći u odnosu na broj jedinki u "nultom" stanju a plava boja pokazuje da je broj jedinki manji u odnosu na tzv. "nulto stanje".

Treći grafički prikaz pokazuje postotak sinkronosti između "nultog" stanja u godini i pojedine simulacije, a četvrti tip grafičkog prikaza pokazuje relativno opterećenje jedinkama u pojedinim simulacijama promjene temperature.

## Simulacija 1.

Simulirana je linearna promjena srednjih godišnjih temperatura u intervalu od -3°C do +3°C u jedanaestogodišnjem razdoblju za odrasle jedinke (Slika 4.36 a)) i ličinke (Slika 4.37 b)). Rezultati simulacije pokazuju da linearna promjena srednjih dnevnih temperatura dovodi do promjene, tj. vremenskog pomaka u dinamici populacije odraslih jedinki i ličinki. Povišenjem srednjih dnevnih temperatura dinamika populacije odraslih jedinki i ličinki se pomiče u vremenskom smislu te se ličinke i odrasle jedinke pojavljuju sve ranije. Vremenski pomak na ranije periode pojavljivanja odraslih jedinki praćen je porastom broja odraslih jedinki u svim simuliranim godinama osim u 2007. godini. Povišenje srednjih dnevnih temperatura na ličinke ima vrlo sličan utjecaj, no on nije tako izražen kao kod odraslih jedinki.

Smanjenjem srednjih dnevnih temperatura dinamika odraslih jedinki se pomiče u vremenskom smislu na kasnije periode pojavljivanja odraslih jedinki u svim simuliranim godinama osim u 2007. i 2014. godini. Kasnija pojava odraslih jedinki u gotovo svim godinama praćena je znatnijim povećanjem brojnosti odraslih jedinki što je posebice izraženo u 2006., 2010. i 2013. godini. Iz ovih simulacija vidljivo je da smanjenje temperature, ne znači nužno i ukupno smanjenje brojnosti odraslih jedinki. Kod ličinki pomjeranje dinamike na kasnije periode njihove pojave uslijed smanjenja srednjih dnevnih temperatura nije tako izraženo u svim godinama kao kod odraslih. Kao i kod odraslih jedinki u 2006., 2010. i 2013. dolazi do znatnijeg povećanja broja ličinki uslijed linearnog smanjenja srednje dnevne temperature.

Analiza sinkroniteta dinamike također pokazuje da linearna promjena srednjih dnevnih temperatura uzrokuje znatne promjene u dinamici populacije u vremenskom smislu kod odraslih jedinki (Slika 4.36 c)) i kod ličinki (Slika 4.37 c)). Kod oba razvojna stadija sinkronitet se nelinearno mijenja s porastom temperature a gotovo sve vrijednosti sinkroniteta su ispod 50%. Općenito govoreći, kod oba razvojna stadija veće promjene srednjih dnevnih temperatura u bilo kojem smjeru znatno smanjuju sinkronost, te vrijednosti sinkroniteta kod odraslih jedinki pri promjeni srednje dnevne temperature od -3°C i +3°C padaju ispod 20%, a kod ličinki ispod 40%. Vrijednosti sinkroniteta nemaju identične odgovore na promjenu temperature kod odraslih jedinki i kod ličinki, što znači da promjena temperature mijenja dinamiku razvojnih stadija u vremenskom smislu na različit način. Iako su odgovori u smislu sinkroniteta, odnosno pomaka u dinamici kao rezultat promjene temperature različiti kod odraslih jedinki i kod ličinki, promjene u relativnom opterećenju pojedinim razvojnim stadijem slijede isti odgovor. Iznimka je samo 2009. godina u kojoj je linearno smanjenje temperature dovelo do povećanja relativnog opterećenja ličinkama, dok se relativno opterećenje odraslim jedinkama pri istim simuliranim uvjetima smanjivalo. Kod oba razvojna stadija u 2005., 2010., 2011., 2012. i 2014. linearno povišenje srednje dnevne temperature u svim intervalima dovelo je do povećanja relativnog opterećenja odraslim jedinkama i ličinkama. Simulacija linearnog smanjenja srednjih dnevnih temperatura u intervalima -1°C i -2°C dovela je do povećanja relativnog opterećenja odraslim jedinkama i ličinkama u 2006., 2007., 2008., 2009. (samo ličinke) i 2013. godini, no kod smanjenja srednje temperature od 3°C relativno opterećenje odraslim jedinkama i ličinkama se smanjuje u odnosu na relativno opterećenje izračunato za pojedinu godinu.

## Simulacija 2

Simulirana je linearna promjena srednje sezonske temperature u intervalima: -3°C do +3°C. Sezona podrazumijeva period od 1. lipnja do 31. kolovoza. Rezultati simulacije za jedanaestogodišnje razdoblje pokazuju da linearne promjene temperatura u periodu sezone ne dovode do tako snažnih promjena u dinamici populacije u vremenskom smislu niti kod odraslih jedinki (Slika 4.38 a)) niti kod ličinki (Slika 4.39 a)) u odnosu na godišnju linearnu promjenu temperature (Simulacija 1). Promjene brojnosti u pojedinim periodima godine kod oba razvojna stadija rezultat su povećanja ili smanjenja brojnosti uslijed promjene srednjih dnevnih temperatura, a u manjoj mjeri vremenskim promjenama u dinamici populacije razvojnih stadija.

Dinamika populacije u vremenskom smislu ostaje relativno očuvana što je vidljivo i iz analize sinkroniteta koja pokazuje da sinkroniteti općenito imaju znatno veće vrijednosti u odnosu na simulaciju 1. To je posebno izraženo kod ličinki, kod kojih se vrijednosti sinkroniteta kreću u rasponu od 55% do 90% (Slika 4.39). Općenito, oscilacije sinkroniteta pri različitim promjenama temperature jače su izražene kod odraslih jedinki. Kod odraslih se vrijednosti sinkroniteta kreće u rasponu od 25% do maksimalno 80%. Kod oba razvojna stadija kao i u Simulaciji 1 veći interval promjene srednje dnevne temperature u uzrokuje jače promjene sinkroniteta. Kao i u prethodnoj simulaciji promjene sinkroniteta uslijed promjene srednjih dnevnih temperatura ne slijede jednak odgovor, što znači da se dinamika kao rezultat promjene temperature u vremenskom smislu mijenja na različit način kod odraslih jedinki i kod ličinki.

Relativna opterećenja odraslima i ličinkama pokazuju linearne trendove u većem broju simuliranih godina (Slika 4.38 i Slika 4.39). U 2008., 2009., 2010., i 2015. godini promjene srednjih dnevnih temperatura u periodu sezone imale su različit učinak na relativna opterećenja ličinkama i odraslima. U tim godinama smanjenje srednjih dnevnih temperatura dovodi do smanjenja relativnog opterećenja odraslima i povećanja relativnog opterećenja ličinkama, a povišenje srednjih dnevnih temperatura dovodi, obrnuto, do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama i povećanja relativnog opterećenja odraslima. U ostalim godinama odgovor je kod oba razvojna stadija sličan.

### Simulacija 3

Simulirana je linearna promjena srednjih dnevnih temperatura u periodu pred-sezone i post-sezone u intervalima od -3°C do 3°C. Razdoblje pred-sezone podrazumijeva period od 1. siječnja do 31. svibnja, a period post-sezone razdoblje od 1. rujna do 31. prosinca.

Promjene srednjih dnevnih temperature u pred- i post-sezonskom periodu imaju utjecaj na dinamiku oba razvojna stadija, te kao i kod Simulacije 1 dovođe do promjena u dinamici u vremenskom smislu. Povišenje srednjih dnevnih temperatura dovodi do pomjeranja dinamike odraslih jedinki u periode njihove ranije pojave (Slika 4.40), a linearno smanjenje srednjih dnevnih temperatura u simuliranom periodu dovodi do pomicanja dinamike odraslih u smjeru njihove kasnije pojave. Smanjenje srednjih temperatura dovodi do znatnijeg povećanja broja odraslih jedinki tijekom prve, sada kasnije najezde, što je znatno izraženo u 2006., 2010. i 2013. godini. Razlike u brojnosti odraslih jedinki u pojedinim periodima godine uzrokovane su primarno vremenskim pomijeranjem dinamike, a manjim djelom promjenama u brojnosti kao rezultat promjene srednjih dnevnih temperatura. Kao i kod Simulacije 1 sinkronost je znatno smanjena (Slika 4.40). Relativno opterećenje odraslim jedinkama nelinearno se mijenja s promjenom temperature. Veće vrijednosti relativnog opterećenja odraslim jedinkama pojavljuju se pri linearnom smanjenju srednje dnevne temperature u simuliranom periodu.

Kod ličinačkog stadija uslijed povišenja srednjih dnevnih temperatura u periodu pred- i postsezone dinamika ličinki se pomiče na periode njihove ranije pojavnosti, no smanjenje srednjih temperatura ne dovodi do znatnijeg pomaka u smjeru kasnije pojave ličinki. Prilikom smanjenja temperature u pojedinim godinama dolazi do znatnijeg povećanja broja ličinki. Sinkronost je kao i kod odraslih smanjena u odnosu na simulaciju 2, i oscilira između vrijednosti 65% do 20% (Slika 4.41). Relativno opterećenje ličinkama nelinearno se mijenja s promjenom temperature (Slika 4.41).

## Simulacija 4

Simulirane su randomizirane promjene u srednjim godišnjim temperaturama u intervalima od - 3°C do 3°C i sa standardnim devijacijama od 0.1, 0.2, 0.5, 1 i 2. U ovoj simulaciji glavni cilj bio je istražiti utjecaj varijabilnosti temperature na dinamiku populacije.

Iz Simulacije 4 je vidljivo da kao i u Simulaciji 1 povišenje srednjih dnevnih temperatura uzrokuje vremenski pomak u dinamici odraslih te se odrasle jedinke pojavljuju sve ranije (Slika 4.42). Smanjenje temperatura dovodi do vremenske promjene u dinamici u suprotnom smjeru te se odrasle jedinke sve kasnije pojavljuju. Pri malim varijacijama temperature promjena u bilo kojem smjeru može dovesti do smanjenja ali i povećanja populacije odraslih jedinki. Povećanjem varijabilnosti srednjih dnevnih temperatura postaje vidljivo da smanjenje srednjih temperatura zajedno sa povećanjem njihove varijabilnosti dovodi do smanjenja brojnosti odraslih jedinki. Povišenje srednjih dnevnih temperatura nema jako izražen učinak u smislu povećanja brojnosti odraslih, ali se taj učinak ipak može uočiti.

Ovi učinci vidljivi su u simulacijama kada su temperaturne varijacije relativno male (10% i 20%) ili vrlo velike (200%). U simulacijama u kojima srednja dnevna temperatura varira 50% i 100% srednje vrijednosti promjene temperature, ovaj učinak se počinje gubiti te dolazi do sinkronizacije dinamike populacije odraslih jedinki. Povišenje ili smanjenje srednjih dnevnih temperatura ne mijenja dinamiku populacije odraslih jedinki u vremenskom smislu. Pregledom rezultata analize sinkronosti, također se može uočiti da su najveće vrijednosti sinkroniteta izračunavate pri varijacijama temperature od 50% i 100%. Pregledom relativnih opterećenja odraslim jedinkama kroz godine ne može se uočiti pravilnost u njihovoj promjeni s obzirom na promjene srednjih dnevnih temperatura i njezine varijacije (Slika 4.43).

Svi navedeni učinci mogu se uočiti i kod ličinačkih stadija, s time da je očuvanje sinkronosti pri standardnim devijacijama srednje dnevne temperature od 50% i 100% znatno jače izraženo u odnosu na odrasle jedinke (Slika 4.45). Također, ne može se uočiti pravilnost u ovisnosti relativnog opterećenja ličinkama i promjenama srednjih dnevnih temperatura i njihovih varijacija kroz jedanaestogodišnji period.

Može se zaključiti da postoji granične vrijednosti, odnosno polje varijabilnosti srednjih dnevnih temperatura kod kojih se utjecaj promjene temperature ne uočava u smislu vremenskih pomaka dinamike populacije odraslih i ličinki. U tom području varijabilnosti temperature (50% i 100% srednje vrijednosti promjene temperature) dinamika u vremenskom smislu ostaje relativno nepromijenjena bez obzira na smjer promjene temperatura.

## Simulacija 5

Simulirane su randomizirane promjene temperature u intervalima od -3°C do 3°C sa standardnim devijacijama od 0.1, 0.2, 0.5, 1 i 2 u periodu sezone.

Randomizirana promjena temperature u periodu sezone ima može imati različit utjecaj na dinamiku populacije odraslih jedinki ovisno o varijabilnosti srednjih dnevnih temperatura (Slika 4.46). Pri manjim varijacijama srednje dnevne temperature (10% i 20% srednje vrijednosti promjene srednje dnevne temperature), kao i kod Simulacije 4 povišenje temperature uzrokuje povećanje broja jedinki dok smanjenje temperature uzrokuje smanjenje broja odraslih jedinki, a taj utjecaj postaje izraženiji s povećanjem varijabilnosti srednje dnevne temperature. Međutim, kao i kod prethodne simulacije postoje granične vrijednosti varijabilnosti promjene srednjih dnevnih temperatura koje dovode do sinkronizacije populacije odraslih jedinki te utjecaj promjene temperature više nema izražen utjecaj na dinamiku odraslih jedinki u vremenskom smislu (50% standardne devijacije promjene srednje dnevne temperature). Daljnji porast varijabilnosti temperatura ponovno dovodi do promjena u dinamici odraslih jedinki u vremenskom smislu, te pomaci u dinamici ponovno postaju vrlo izraženi. Smanjenje srednjih

dnevnih temperatura dovodi do pomicanja dinamike populacije odraslih jedinki na kasnije periode njihovog pojavljivanja, a povišenje temperature dovodi do pomicanja dinamike u suprotnom smjeru te se odrasle jedinke pojavljuju ranije. Iz analize sinkronosti vidljivo je da je sinkronost vrlo visoka pri 50% standardne devijacije promjene srednje dnevne temperature u gotovo svim godinama, dok je pri ostalim vrijednostima standardne devijacije manja (Slika 4.47).

Svi navedeni učinci također se mogu uočiti i kod populacije ličinki s time da su jače izraženi u odnosu na učinke u odrasloj populaciji (Slika 4.48). Očuvanje sinkronosti pri različitim promjenama temperature jako je izraženo pri standardnoj devijaciji promjene srednje dnevne temperature od 50%. Također kao i kod odraslih, ne može se uočiti pravilnost u ovisnosti relativnog opterećenja ličinkama i promjenama srednjih dnevnih temperatura i njihovih varijacija kroz jedanaestogodišnji period (Slika 4.49).

## Simulacija 6

U simulaciji 5 analiziran je utjecaj promjene srednjih dnevnih temperatura u intervalima od -3°C do 3°C i njihove varijabilnosti (standardne devijacije promjene srednje dnevne temperature od 0.1, 0.2, 0.5, 1 i 2) u periodu predsezone i postsezone.

Kao i kod prethodne dvije simulacije (Simulacije 4 i Simulacije 5) vidljivo je da postoji granično polje standardnih devijacija promjene srednje dnevne temperature kod kojih promjena temperature u bilo kojem smjeru (povišenje – smanjenje) nema izražen utjecaj na dinamiku populacije odraslih jedinki u vremenom smislu (Slika 4.50). Sinkronizacija dinamike u različitim simulacijama se počinje primjećivati već pri standardnim devijacijama promjene srednje dnevne temperature od 20% a vrlo je izražena i kod 50% standardne devijacije. Kao i kod prethodne dvije simulacije, pri manjim varijacijama temperature (10% standardne devijacije promjene srednje dnevne temperature) i velikim varijacijama (100% i 200% standardne devijacije promjene srednje dnevne temperature) može se zaključiti da povišenje temperatura dovodi i do povećanja broja odraslih jedinki, a smanjenje temperatura do smanjenja brojnosti odraslih jedinki. Ovaj učinak nije jednako izražen u svim godinama tijekom jedanaestogodišnjeg perioda. Pregledom relativnih opterećenja odraslim jedinkama kao funkcije promjene temperature i njezine standardne devijacije ne može se donijeti jednoznačan zaključak o njihovoj međuovisnosti (Slika 4.51).

Svi navedeni učinci mogu se uočiti i kod ličinačkog stadija, s time da su oni znatno jače izraženi (Slika 4.52). Utjecaj promjene standardne devijacije promjene srednjih dnevnih temperatura vrlo je izražen u istom području kao i kod odraslih jedinki (20% i 50% standardne devijacije), što je vidljivo i iz analize sinkroniteta. Analizom relativnog opterećenja, kao i kod odraslih jedinki ne može se donijeti jednoznačan zaključak o međuovisnosti promjene temperature i standardne devijacije na relativno opterećenje ličinkama (Slika 4.53).



Slika 4.36. Rezultati Simulacije 1- linearna promjena srednje godišnje temperature – odrasle jedinke vrste Aedes vexans. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestgodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene temperature, d) Relativno opterećenje odraslom populacijom kao rezultat promjene temperature



Slika 4.37. Rezultati Simulacije 1- linearna promjena srednje godišnje temperature – ličinke vrste Aedes vexans. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestgodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene temperature, d) Relativno opterećenje ličinkama kao rezultat promjene temperature.



Slika 4.38. Rezultati Simulacije 2 – linearna promjena srednjih dnevnih temperatura u periodu sezone – odrasle jedinke vrste Aedes vexans. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestgodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene temperature, d) Relativno opterećenje odraslom populacijom kao rezultat promjene temperature.



Slika 4.39. Rezultati Simulacije 2 - linearna promjena srednjih dnevnih temperatura u periodu sezone – ličinke vrste Aedes vexans. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestgodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene temperature, d) Relativno opterećenje ličinkama kao rezultat promjene temperature.



Slika 4.40. Rezultati Simulacije 3. - linearna promjena srednjih dnevnih temperatura u periodu pred- i post-sezone – odrasle jedinke vrste Aedes vexans. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestgodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene temperature, d) Relativno opterećenje odraslom populacijom kao rezultat promjene temperature.



Slika 4.41. Simulacija 3 – linearna promjena srednjih dnevnih temperatura u periodu pred- i post-sezone – ličinke vrste Aedes vexans. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestgodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene temperature, d) Relativno opterećenje ličinkama kao rezultat promjene temperature.



Slika 4.42. Simulacija dinamike populacije odraslih jedinki Aedes vexans pri randomiziranim promjenama srednje dnevne temperature i standardne devijacije srednje vrijednosti temperature (Simulacija 4).



Slika 4.43. Rezultati Simulacije 4 – Randomizirane promjene srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature – odrasle jedinke. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 10%; ružičasta linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%; zelena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 50%; plava linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%; plava linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 50%; plava linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 200%. Na drugoj slici prikazane su odgovarajuće vrijednosti relativnog opterećenja odraslim jedinkama. Boje odgovaraju istim promjenama standardne devijacije kao i u prvoj slici.



Slika 4.44. Simulacija dinamike populacije ličinki Aedes vexans pri randomiziranim promjenama srednje dnevne temperature i standardne devijacije srednje vrijednosti temperature (Simulacija 4).



Slika 4.45. Rezultati Simulacije 4 – Randomizirane promjene srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature -ličinke. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 10%; ružičasta linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%; zelena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 50%; plava linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 200%. Na drugoj slici prikazane su odgovarajuće vrijednosti relativnog opterećenja ličinkama. Boje odgovaraju istim promjenama standardne devijacije kao i u prvoj slici.



Slika 4.46. Simulacija dinamike populacije odraslih jedinki Aedes vexans pri randomiziranim promjenama srednje dnevne temperature i standardne devijacije srednje vrijednosti temperature u periodu sezone (Simulacija 5).



Slika 4.47. Rezultati Simulacije 5 – Randomizirane promjene srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature u periodu sezone – odrasle jedinke. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 10%; ružičasta linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%; zelena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 50%; plava linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 200%. Na drugoj slici prikazane su odgovarajuće vrijednosti relativnog opterećenja odraslim jedinkama. Boje odgovaraju istim promjenama standardne devijacije kao i u prvoj slici.



Slika 4.48. Simulacija dinamike populacije ličinki Aedes vexans pri randomiziranim promjenama srednje dnevne temperature i standardne devijacije srednje vrijednosti temperature u periodu sezone (Simulacija 5).



Slika 4.49. Rezultati Simulacije 5 – Randomizirane promjene srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature u periodu sezone – ličinke. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 10%; ružičasta linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%; zelena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 50%; plava linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 200%. Na drugoj slici prikazane su odgovarajuće vrijednosti relativnog opterećenja ličinkama. Boje odgovaraju istim promjenama standardne devijacije kao i u prvoj slici.



Slika 4.50. Simulacija dinamike populacije odraslih jedinki Aedes vexans pri randomiziranim promjenama srednje dnevne temperature i standardne devijacije srednje vrijednosti temperature u periodu pred- i post - sezone (Simulacija 6).

131



Slika 4.51. Rezultati Simulacije 6 – Randomizirane promjene srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature u periodu pred- i post - sezone – odrasle jedinke. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 10%; ružičasta linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%; zelena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 50%; plava linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%. Na drugoj slici prikazane su odgovarajuće vrijednosti relativnog opterećenja odraslim jedinkama. Boje odgovaraju istim promjenama standardne devijacije kao i u prvoj slici.



Slika 4.52. Simulacija dinamike populacije ličinki Aedes vexans pri randomiziranim promjenama srednje dnevne temperature i standardne devijacije srednje vrijednosti temperature u periodu pred- i post - sezone (Simulacija 6).



Slika 4.53. Rezultati Simulacije 6 – Randomizirane promjene srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature u periodu pred- i post - sezone – ličinke. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 10%; ružičasta linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%; zelena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 50%; plava linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 200%. Na drugoj slici prikazane su odgovarajuće vrijednosti relativnog opterećenja ličinkama. Boje odgovaraju istim promjenama standardne devijacije kao i u prvoj slici.

#### 4.4.2. Simulacija utjecaja promjene vodostaja Dunava i Drave na vrstu Aedes vexans

4.4.2.1. Simulacije promjene vodostaja Dunava

#### Simulacija 1

U ovoj simulaciji istraživan je utjecaj linearne promjene vodostaja Dunava u intervalu od -50 do +50 cm na godišnjoj razini. Za svaki dan u godini, vodostaj Dunava u simuliranoj godini se uvećava ili umanjuje za simulirani interval.

Iz rezultata Simulacije 1 za jedanaestogodišnje razdoblje vidljivo je da linearna promjena vodostaja Dunava nema značajan utjecaj na dinamiku komaraca *Aedes vexans* u vremenskom smislu, tj. promjene vodostaja ne uzrokuju značajna ranija ili kasnija pojavljivanja odraslih jedinki u odnosu na "nultu" simulaciju (Slika 4.54). Dinamika populacije odraslih jedinki kroz sve intervale promjene vodostaja ostaje relativno sinkrona. Manje promjene u vremenskom pojavljivanju odraslih jedinki vidljive su u 2010., 2012. i 2015. godini, no ona su puno manja u odnosu na simulacije temperaturnih promjena. Pregledom rezultata razlike u brojnosti odraslih jedinki pri različitim simulacijama, vidljivo je da u 2005., 2006., 2007., 2009., 2011 i 2013. godini smanjenje vodostaja Dunava dovodi do smanjenja brojnosti odraslih jedinki, a povišenje vodostaja dovodi do povećanja brojnosti odraslih. U 2008., 2010., 2012., 2013. i 2014. godini smanjenje vodostaja Dunava u određenim vremenskim intervalima dovodi do povećanja brojnosti odraslih jedinki.

Pregledom rezultata analize sinkroniteta vidljivo je da dinamika odraslih jedinki kroz simulacije ostaje vrlo sinkrona u gotovo svim godinama te nema znatnijih pomaka u dinamici odraslih jedinki u vremenskom smislu (Slika 4.55). Općenito govoreći može se zaključiti na manje promjene vodostaja Dunava – do ±5 cm imaju znatno manji utjecaj na promjene u dinamici populacije u vremenskom smislu. Sinkronitet u gotovo svim simulacijama iznosi 80%-100%. Pregledom rezultata analize relativnog opterećenja odraslim jedinkama vidljivo je da postoji linearan trend u promjeni relativnog opterećenja sa promjenom vodostaja Dunava. Općenito, smanjenje vodostaja Dunava smanjuje relativno opterećenje odraslim jedinkama, dok povećanje vodostaja dovodi i do povećanja relativnog opterećenja odraslim jedinkama.

Kod ličinačkog stadija mogu se primijetiti jednaki učinci promjene vodostaja Dunava. Kao i kod odraslih jedinki linearna promjena vodostaja Dunava ne uzrokuje promjene u dinamici ličinačkog stadija u vremenskom smislu, osim u 2010. i 2012. godini. Pregledom rezultata razlika u brojnosti, kao i kod odraslih jedinki smanjenje vodostaja Dunava u svim godinama osim 2010. i 2012. dovodi do smanjenja brojnosti odraslih jedinki, a povišenje vodostaja Dunava do povećanja brojnosti odraslih jedinki. Sinkronitet ima relativno visoke vrijednosti, što znači da promjene vodostaja Dunava ne dovođe do vremenskih pomaka u pojavi ličinki. Također, kao i kod odraslih manje promjene vodostaja, do ±5 cm uzrokuje manje promjene u sinkronitetu, dok promjene vodostaja Dunava većih vrijednosti imaju i veći učinak na sinkronost. Relativna opterećenja ličinkama u ovisnosti o promjeni vodostaja Dunava pokazuju linearan trend, te smanjenje vodostaja dovodi do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama, a povećanje vodostaja Dunava do povećanja relativnog opterećenja ličinkama.

#### Simulacija 2

U ovoj simulaciji istraživan je utjecaj linearne promjene vodostaja Dunava u intervalu od -50 cm do +50 cm tijekom perioda sezone. Sezona podrazumijeva period od 1. lipnja do 31. kolovoza. Za svaki dan u godini, vodostaj Dunava u simuliranoj godini tijekom sezone se linearno uvećava ili umanjuje za simulirani interval.

Iz rezultata Simulacije 2 za jedanaestogodišnje razdoblje vidljivo je da linearna promjena vodostaja Dunava tijekom perioda sezone nema značajan utjecaj na dinamiku odraslih komaraca *Aedes vexans* u vremenskom smislu, tj. promjene vodostaja Dunava ne uzrokuju ranija ili kasnija pojavljivanja odraslih jedinki u odnosu na "nultu" simulaciju za pojedinu godinu (Slika 4.56). Analiza sinkroniteta dinamike uslijed promjene vodostaja Dunava također pokazuje da dinamika ostaje vrlo sinkrona, a vrijednosti sinkroniteta su uglavnom u intervalu 80% - 100%. Veća smanjenja sinkronosti pojavljuju se u 2011. godini pri najvišoj promjeni vodostaja Dunava od +50 cm, kada sinkronitet pada na 65%.

Pregledom grafičkog prikaza razlika u brojnosti odraslih jedinki vidljivo je da u gotovo svim godinama smanjenje vodostaja Dunava tijekom perioda sezone uzrokuje smanjenje brojnosti odraslih, a povećanje vodostaja uzrokuje i povećanja brojnosti odraslih jedinki. Iznimka su 2008., 2012., 2014. i 2015. kod kojih u pojedinim periodima godine promjene vodostaja Dunava dovode do povećanja brojnosti odraslih jedinki. Pregledom rezultata analize relativnih opterećenja odraslim jedinkama, vidljivo je da relativno opterećenje kao posljedica promjene vodostaja Dunava pokazuje linearan trend. Smanjenje vodostaja Dunava dovodi i do smanjena relativnog opterećenja odraslim jedinkama, a povišenje vodostaja do povećanja relativnog opterećenja.

Kod ličinačkog stadija također se mogu uočiti svi učinci promjene vodostaja Dunava kao i kod odraslih jedinki. Promjene vodostaja Dunava ne mijenjaju dinamiku ličinačkog stadija u vremenskom smislu (Slika 4.57). Pregledom rezultata promjene brojnosti ličinačkim stadijem uslijed promjene vodostaja Dunava, vidljivo je da smanjenje vodostaja Dunava uzrokuje smanjenje brojnosti ličinki u svim periodima, a povišenje vodostaja Dunava uzrokuje povećanje brojnosti ličinki. Manja odstupanja mogu se uočiti tijekom 2008. i 2014. godine u kojima smanjenja i povišenja vodostaja Dunava mogu uzrokovati povišenja brojnosti ličinkama u određenim periodima godine. Analiza sinkroniteta pokazuje da kroz sve simulacije dinamika ostaje vrlo sinkrona, a sinkronitet ima vrijednosti uglavnom iznad 80%. Relativna opterećenja ličinkama uslijed promjene vodostaja Dunava pokazuju linearan trend, u kojem smanjenje vodostaja Dunava dovodi do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama a povećanje vodostaja Dunava do povećanja relativnog opterećenja ličinkama.

### Simulacija 3

U Simulaciji 3 istraživan je utjecaj linearne promjene vodostaja Dunava u intervalu od -50 cm do +50 cm tijekom perioda predsezone (1. siječanj – 31. svibanj) i post-sezone (1. rujan – 31. prosinac).

Iz rezultata simulacije vidljivo je da promjene vodostaja Dunava u simuliranom periodu nemaju značajniji utjecaj na dinamiku odraslih jedinki u vremenskom smislu (Slika 4.58). Ipak manje promjene u vremenskom pojavljivanju odraslih jedinki vidljive su u 2010., 2012. godini i dijelom u 2015. godini pri velikom smanjenju vodostaja Dunava. Pregledom rezultata razlike u brojnosti odraslih jedinki vidljivo je da promjene vodostaja u bilo kojem smjeru mogu dovesti do povećanja ali i smanjenja broja odraslih jedinki. Tijekom 2012. i 2015. godine promjene u brojnosti ličinkama u pojedinim periodima godine uzrokovane su primarno vremenskim promjenama u samoj dinamici a manjim dijelom povećanjem brojnosti uslijed povišenja vodostaja Dunava. Pregledom rezultata analize sinkroniteta vidljivo je da su vrijednosti sinkroniteta nešto manje u odnosu na promjene vodostaja Dunava tijekom perioda sezone (Simulacija 2). Značajni padovi u sinkronosti pojavljuju se kod većih promjena vodostaja Dunava također pokazuju linearan trend, a odstupanja od linearnog trenda pojavljuju se samo u 2010. i 2014 godini.

Kod ličinačkog stadija promjena vodostaja Dunava ima slične učinke kao i kod odraslih jedinki (Slika 4.59). Promjene vodostaja Dunava ne mijenjaju značajno vremensku dinamiku ličinačkog stadija. Značajnije pomjeranje u pojavi ličinačkog stadija pojavljuje se samo tijekom 2010. i 2012. godine u kojoj smanjenje vodostaja Dunava uzrokuje kasnije pojavljivanje ličinki. Pregledom rezultata analize sinkroniteta vidljivo je de je sinkronost u većem broju godina iznad 80%, a tijekom 2012. i 2014. sinkronost se značajnije smanjuje samo pri velikim promjenama vodostaja Dunava <  $\pm 20$  cm. Relativna opterećenja ličinkama kao rezultat promjene vodostaja Dunava, kao i kod odraslih jedinki, pokazuju linearan trend.

#### Simulacija 4

U ovoj simulaciji istraživan je utjecaj randomizirane promjene vodostaja Dunava u intervalu od - 50 do +50 cm na godišnjoj razini. Cilj u ovoj simulaciji bilo je istražiti utjecaj varijabilnosti vodostaja Dunava na dinamiku vrste *Aedes vexans*.

Kao i kod linearnih simulacija promjene vodostaja Dunava, randomizirane promjene vodostaja Dunava na godišnjoj razini ne uzrokuju promjene u dinamici odraslih jedinki u vremenskom smislu (Slika 4.60). Iznimka su 2010., 2012. i manjim dijelom 2015. godina kod kojih promjena vodostaja Dunava dovodi do promjena u vremenskom pojavljivanju odraslih jedinki uglavnom tijekom prvog populacijskog pika. Povećanje varijabilnosti, odnosno standardne devijacije promjene vodostaja Dunava ne uzrokuje značajnije promjene u dinamici odraslih jedinki te dinamika pri svim simulacijama ostaje relativno sinkrona. Pregledom rezultata analize sinkroniteta vidljivo je da pri manjim promjenama vodostaja Dunava do >5 cm sinkronost iznosi gotovo 100% (Slika 4.61). Veće promjene vodostaja <20 cm, dovode do značajnog smanjenja sinkronosti. Relativna opterećenja odraslim jedinkama uslijed promjene vodostaja Dunava u 2008., 2011., 2012., te 2015. imaju linearan trend pri svim standardnim devijacijama promjene vodostaja Dunava. U ostalim godinama dolazi do raspršenja relativnih opterećenja pa je linearnost znatno smanjena.

Kod ličinačkog stadija mogu se uočiti jednaki učinci randomizirane promjene vodostaja Dunava kao i kod odraslih jedinki (Slika 4.62). Kod ličinačkog stadija smanjenje vodostaja Dunava dovodi do smanjenja brojnosti ličinki, a povišenje vodostaja Dunava do povećanja brojnosti ličinki, te su suprotni učinci promjene vodstva Dunava znatno manje izraženi u odnosu na odrasle jedinke. Kao i kod odraslih
jedinki, pri manjim promjenama vodostaja Dunava do >5 cm sinkronost iznosi gotovo 100% (Slika 4.63). Veće promjene vodostaja <20 cm, dovode do značajnog smanjenja sinkronosti. Relativna opterećenja odraslim jedinkama uslijed promjene vodostaja Dunava pokazuju linearan trend pri svim standardnim devijacijama promjene vodostaja Dunava.

### Simulacija 5

U ovoj simulaciji istraživan je utjecaj randomizirane promjene vodostaja Dunava i njegove varijabilnosti tijekom sezonskog perioda (1. lipnja do 31. kolovoza).

Kao i u Simulaciji 4 promjene radomizirane promjene vodostaja Dunava u različitim intervalima i sa različitom varijabilnosti nemaju značajniji utjecaj na dinamiku odraslih jedinki u vremenskom smislu (Slika 4.64). Iznimka su 2010. i 2012. godina kod kojih povišenje vodostaja Dunava dovodi do nešto ranijeg pojavljivanja odraslih jedinki. Pregledom rezultata analize promjena brojnosti odraslih jedinki uslijed promjene vodostaja Dunava u pojedinim godinama ne mogu se uočiti bitne razlike u odnosu na linearnu simulaciju promjene vodostaja Dunava niti promjena njegove varijabilnosti. Pregledom rezultata analize sinkroniteta vidljivo je da je pri manjim promjenama vodostaja Dunava do >5 cm sinkronost vrlo visoka a povećanje promjene vodostaja  $\pm$ <20 cm, dovode do značajnog smanjenja sinkronosti (Slika 4.65). Značajna smanjenja sinkronosti u pojedinim godinama, npr. 2007. rezultat su nestanaka odraslih jedinki pri maksimalnom testiranom smanjenju vodostaja Dunava te je samim time i broj zajedničkih pikova sa dinamikom populacije u toj godini, odnosno sinkronost, znatno smanjena. Promjene relativnih opterećenja odraslim jedinkama uslijed promjena vodostaja Dunava pokazuju linearan trend uz veća ili manja raspršenja.

Kod ličinačkog stadija mogu se uočiti jednaki učinci kao i kod odraslih jedinki, te radomizirane promjene vodostaja Dunava u različitim intervalima i sa različitom varijabilnosti nemaju značajniji utjecaj na dinamiku ličinki u vremenskom smislu (Slika 4.66). Pregledom analize rezultata promjene brojnosti u pojedinim periodima godine vidljivo je da općenito, smanjenje vodostaja Dunava dovodi do smanjenja brojnosti ličinki, a povišenje vodostaja Dunava dovodi do povećanja brojnosti. Kod ličinki su suprotni učinci promjene vodostaja Dunava manje izraženi u odnosu na odrasle jedinke. Analiza sinkroniteta pokazuje, isto kao i kod odraslih jedinki, da manje promjene vodostaja Dunava, do >5 cm ne uzrokuju gotovo nikakve promjene u sinkronosti, a povećanje promjene vodostaja Dunava  $\pm$ <20 cm, dovodi do povećanja smanjenja sinkronosti (Slika 4.67). U gotovo svim godinama najveći padovi sinkroniteta izračunati su pri maksimalnoj i minimalnoj testiranoj promjeni vodostaja Dunava od  $\pm$ <50 cm i standardnoj devijaciji randomizirane promjene vodostaja Dunava od 20%.

### Simulacija 6

U ovoj simulaciji istraživan je utjecaj randomizirane promjene vodostaja Dunava i njegove varijabilnosti tijekom perioda predsezone (1. siječnja do 31. svibnja) i post-sezone (1. rujna – 31. prosinca).

Radomizirane promjene vodostaja Dunava u različitim intervalima i sa različitom varijabilnosti nemaju značajniji utjecaj na dinamiku odraslih jedinki u vremenskom smislu (Slika 4.68). Iznimka su 2010. i 2012. godina kod kojih povišenje vodostaja Dunava dovodi do nešto ranijeg pojavljivanja odraslih jedinki. Pregledom rezultata analize promjena brojnosti odraslih jedinki uslijed promjene vodostaja Dunava u pojedinim godinama ne mogu se uočiti bitne razlike u odnosu na linearnu simulaciju promjene vodostaja Dunava tijekom perioda pred-sezone i post-sezone (Simulacija 3). Nije moguće detektirati učinke promjena vodostaja Dunava niti promjena njegove varijabilnosti. Pregledom rezultata

analize sinkroniteta vidljivo je da je pri manjim promjenama vodostaja Dunava do >5 cm sinkronost vrlo visoka a povećanje promjene vodostaja  $\pm$ <20 cm, dovode do značajnog smanjenja sinkronosti (Slika 4.69). Značajna smanjenja sinkronosti u pojedinim godinama, npr. 2007. rezultat su nestanaka odraslih jedinki pri maksimalnom testiranom smanjenu vodostaja Dunava te je samim time i broj zajedničkih pikova sa dinamikom populacije u toj godini, odnosno sinkronost, znatno smanjena. Promjene relativnih opterećenja odraslim jedinkama uslijed promjena vodostaja Dunava pokazuju linearan trend uz veća ili manja raspršenja.

Kod ličinačkog stadija mogu se uočiti jednaki učinci kao i kod odraslih jedinki, te radomizirane promjene vodostaja Dunava u različitim intervalima i sa različitom varijabilnosti nemaju značajniji utjecaj na dinamiku ličinki u vremenskom smislu (Slika 4.70). Pregledom analize rezultata promjene brojnosti u pojedinim periodima godine vidljivo je da smanjenje vodostaja Dunava dovodi do smanjenja brojnosti ličinki, a povišenje vodostaja Dunava dovodi do povećanja brojnosti. Analiza sinkroniteta pokazuje, isto kao i kod odraslih jedinki, da manje promjene vodostaja Dunava, do >5 cm ne uzrokuju gotovo nikakve promjene u sinkronosti, a povećanje promjene vodostaja Dunava  $\pm$ <20 cm, dovodi do povećanja smanjenja sinkronosti (Slika 4.71).



Slika 4.54. Rezultati Simulacije 1- linearna promjena godišnjeg vodostaja Dunava – odrasle jedinke vrste Aedes vexans. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestgodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene vodostaja Dunava, d) Relativno opterećenje odraslom populacijom kao rezultat promjene vodostaja Dunava.



Slika 4.55. Rezultati Simulacije 1- linearna promjena godišnjeg vodostaja Dunava ličinke vrste Aedes vexans. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestgodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene vodostaja Dunava, d) Relativno opterećenje ličinkama kao rezultat promjene vodostaja Dunava.



Slika 4.56. Rezultati Simulacije 2- linearna promjena vodostaja Dunava u periodu sezone – odrasle jedinke vrste Aedes vexans. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestgodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene vodostaja Dunava, d) Relativno opterećenje odraslom populacijom kao rezultat promjene vodostaja Dunava.



Slika 4.57. Rezultati Simulacije 2- linearna promjena vodostaja Dunava u periodu sezone – ličinke vrste Aedes vexans. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestgodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene vodostaja Dunava, d) Relativno opterećenje odraslom populacijom kao rezultat promjene vodostaja Dunava.



Slika 4.58. Rezultati Simulacije 3- linearna promjena vodostaja Dunava u periodu pred-sezone i post-sezone – odrasle jedinke vrste Aedes vexans. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestgodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene vodostaja Dunava, d) Relativno opterećenje odraslom populacijom kao rezultat promjene vodostaja Dunava



Slika 4.59. Rezultati Simulacije 3- linearna promjena vodostaja Dunava u periodu pred-sezone i post-sezone ličinke vrste Aedes vexans. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestgodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene vodostaja Dunava, d) Relativno opterećenje odraslom populacijom kao rezultat promjene vodostaja Dunava



Slika 4.60. Rezultati simulacije dinamike populacije odraslih jedinki Aedes vexans pri randomiziranim promjenama vodostaja Dunava i standardne devijacije srednje vodostaja Dunava (Simulacija 4).



Slika 4.61. Rezultati Simulacije 4 – Randomizirane promjene vodostaja Dunava i standardne devijacije vodostaja – odrasle jedinke. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 10%; ružičasta linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 20%; zelena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 50%; plava linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 50%; plava linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 200%. Na drugoj slici prikazane su odgovarajuće vrijednosti relativnog opterećenja odraslim jedinkama. Boje odgovaraju istim promjenama standardne devijacije kao i u prvoj slici.







Slika 4.63. Rezultati Simulacije 4 – Randomizirane promjene vodostaja Dunava i standardne devijacije vodostaja – ličinke. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 10%; ružičasta linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 20%; zelena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 50%; plava linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 200%. Na drugoj slici prikazane su odgovarajuće vrijednosti relativnog opterećenja ličinkama. Boje odgovaraju istim promjenama standardne devijacije kao i u prvoj slici.



Slika 4.64. Rezultati simulacije dinamike populacije odraslih jedinki Aedes vexans pri randomiziranim promjenama vodostaja Dunava i standardne devijacije srednje vodostaja Dunava u periodu sezone (Simulacija 5).



Slika 4.65. Rezultati Simulacije 5 – Randomizirane promjene vodostaja Dunava i standardne devijacije vodostaja u periodu sezone – odrasle jedinke. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 10%; ružičasta linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 20%; zelena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 50%; plava linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 50%; plava linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 50%; plava linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja promjene vodostaja Dunava 200%. Na drugoj slici prikazane su odgovarajuće vrijednosti relativnog opterećenja odraslim jedinkama. Boje odgovaraju istim promjenama standardne devijacije kao i u prvoj slici.



Slika 4.66 Rezultati simulacije dinamike populacije ličinki Aedes vexans pri randomiziranim promjenama vodostaja Dunava i standardne devijacije srednje vodostaja Dunava u periodu sezone (Simulacija 5).



Slika 4.67. Rezultati Simulacije 5 – Randomizirane promjene vodostaja Dunava i standardne devijacije vodostaja u periodu sezone – ličinke. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 10%; ružičasta linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 20%; zelena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 50%; plava linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 200%. Na drugoj slici prikazane su odgovarajuće vrijednosti relativnog opterećenja ličinkama. Boje odgovaraju istim promjenama standardne devijacije kao i u prvoj slici.







Slika 4.69. Rezultati Simulacije 6 – Randomizirane promjene vodostaja Dunava i standardne devijacije vodostaja u periodu predsezone i postsezone – odrasle jedinke. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 10%; ružičasta linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 20%; zelena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 50%; plava linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 20%; ne standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 50%; plava linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 200%. Na drugoj slici prikazane su odgovarajuće vrijednosti relativnog opterećenja odraslim jedinkama. Boje odgovaraju istim promjenama standardne devijacije kao i u prvoj slici.







Slika 4.71. Rezultati Simulacije 6 – Randomizirane promjene vodostaja Dunava i standardne devijacije vodostaja u periodu predsezone i postsezone – ličinke. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 10%; ružičasta linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 20%; zelena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 50%; plava linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devijacija promjene vodostaja Dunava 100%; crvena linija – standardna devija

# 4.4.3. Simulacija utjecaja promjene srednjih dnevnih temperatura na vrstu Culex pipiens

### Simulacija 1

Simulirana je linearna promjena srednjih godišnjih temperatura u intervalu od -3°C do +3°C u jedanaestogodišnjem razdoblju za odrasle jedinke i ličinke. Pregledom rezultata simulacija uočava se vremenska promjena u dijapauzi odraslih jedinki na početku reproduktivne sezone. Linearno povišenje temperatura na godišnjoj razini uzrokuje raniji izlazak iz dijapauze, a snižavanje temperature dovodi do produljenja trajanja dijapauze. Ovaj učinak promjene temperature može se uočiti u oba modela – modelu s konstantnim kapacitetom okoliša (Slika 4.72) i modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša (Slika 4.73). Pri snižavanju srednje temperature na godišnjoj razini od 3°C jedinke iz dijapauze izlaze početkom ili sredinom svibnja u svim simuliranim godinama.

Kao i kod vrste *Aedes vexans* u oba modela vrste *Culex pipiens* uočava se vremenski pomak na ranije periode pojavljivanja uslijed povišenja temperature i obratno. U svim simuliranim godinama u oba modela snižavanje temperature uzrokuje vremensko pomjeranje dinamike odraslih na kasnije periode njihovog pojavljivanja. Isto tako povišenje temperature uzrokuje raniju pojavo odraslih jedinki i pomjeranje cjelokupne dinamike odraslih jedinki na ranije periode njihovog pojavljivanja.

Linearna promjena temperature na godišnjoj razini ima dvojak učinak na dijapauzu odraslih jedinki na kraju reproduktivne sezone; u svim godinama osim 2007., 2008. i dijelom 2015. godine povišenje temperature uzrokovalo je povećanje broja odraslih jedinki koji na kraju reproduktivne sezone ulaze u stanje dijapauze. Također, u svim godinama osim 2005., 2006., 2014. i 2015. godine snižavanje srednjih dnevnih temperatura dovelo je do smanjenja broja odraslih jedinki koje na kraju reproduktivne sezone ulaze u stanje dijapauze. Utjecaj linearne promjene temperature i pomicanje dinamike odraslih u vremenskom smislu, uočava se i na rezultatima analize sinkroniteta. Vidljivo je da u svim godinama u oba modela temperature u oba modela. Relativna opterećenja odraslim jedinkama nelinearno se mijenjaju s promjenom temperature. Vidljivo je i da promjena temperature u bilo kojem smjeru, smanjenje-povišenje temperature može uzrokovati povećanje relativnog opterećenja odraslim jedinkama. Iako su učinci promjene temperature u oba modela vrlo slični, odgovor relativnog opterećenja odraslim jedinkama na promjenu temperature u oba modela nije jednak u svim godinama.

Utjecaj promjene temperature na stadij ličinke vrlo je sličan u oba modela vrste *Culex pipens*, no učinci su nešto intenzivniji u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša. U oba modela vidljiva je vremenska promjena u dinamici ličinki uslijed promjene temperature. Snižavanje temperature dovodi do kasnijeg pojavljivanja stadija ličinki u svim godinama, a povišenje temperatura do ranijeg pojavljivanja ličinki (Slika 4.74 - model s konstantnim kapacitetom okoliša, Slika 4.75 - model s promjenjivim kapacitetom okoliša). Učinak promjene temperature na stadij ličinke uočljiviji je u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša. Pregledom rezultata razlike u brojnosti ličinki u pojedinim vremenskim periodima vidljivo je da i povišenje i smanjenje temperature može dovesti do povećanja broja ličinki. Razlike, odnosno povećanja brojnosti u pojedinim vremenskim intervalima u gotovo svim godinama i u oba modela uzrokovana su primarno vremenskim promjeranjem dinamike ličinki, zbog čega su ličinke prisutne u periodima kada u "nultom" modelu nisu prisutne s obzirom na okolišne čimbenike u simuliranog godini i obratno. Kao i kod odraslih jedinki u oba modela promjena temperature uzrokuje značajan pad sinkronosti dinamike sa "nultim" modelom u svim simuliranim godinama. Pregledom rezultata analize relativnog opterećenja ličinkama uočava se da se relativna opterećenja nelinearno mijenjaju s promjenom temperature u oba modela. U svim godinama osim 2008., 2009., 2010. i 2013 u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša, sniženje temperature dovelo je do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama, a povišenje temperature do povećanja relativnog opterećenja ličinkama.

#### Simulacija 2

Simulirana je linearna promjena srednjih dnevnih temperatura u intervalu od -3°C do +3°C u periodu sezone. Sezona podrazumijeva period od 1. lipnja do 31. kolovoza. Rezultati simulacija u oba modela pokazuju da promjene temperature u periodu sezone nemaju značajan utjecaj na dinamiku odraslih jedinki u vremenskom smislu, odnosno dinamika ostaje relativno nepromijenjena (Slika 4.76 – model s konstantnim kapacitetom okoliša i Slika 4.77 – model s promjenjivim kapacitetom okoliša). Kako se promjena temperature odvija tijekom sezone, promjena temperature ne utječe na dinamiku i brojnost dijapauzirajućih jedinki na početku reproduktivne sezone, no uočavaju se promjene u broju dijapauzirajućih jedinki na kraju reproduktivne sezone. U oba modela povišenje temperature u periodu sezone uzrokovalo je povećanje broja jedinki koje ulaze u stanje dijapauze na kraju reproduktivne sezone u 2005., 2006., 2012., 2013. i 2015. godini. Zanimljivo je da je u 2005., 2006 i 2015. godini u oba modela i povišenje i sniženje temperature u periodu sezone dovelo do povećanja brojnosti dijapauzirajućih jedinki na kraju reproduktivne sezone.

Pregledom rezultata analize sinkroniteta u oba modela vidljivo je da promjena temperature u periodu sezone znatno manje utječe na sinkronost dinamike odraslih jedinki sa "nultom" dinamikom. Kao i u prethodnoj simulaciji, povećanje intervala promjene temperature uzrokuje i veće padove u sinkronitetu. Pregledom rezultata analize relativnog opterećenja odraslim jedinkama u oba modela uočava se da je odgovor relativnog opterećenja odraslima vrlo sličan u oba modela. Relativno opterećenja odraslim jedinkama nelinearno se mijenja s promjenom temperature. U oba modela je vidljivo da i povišenje i sniženje temperature može dovesti do povećanja relativnog opterećenja odraslima. Ovaj učinak je posebice izražen u 2005., 2006. i 2015. godini.

Pregledom rezultata utjecaja promjene temperature u periodu sezone na stadij ličinke u oba modela je uočljivo da promjena temperature ne uzrokuje značajnije promjene u dinamici u vremenskom smislu. Razlike u brojnosti ličinki u pojedinim vremenskim intervalima pokazuju da promjena temperature u bilo kojem smjeru može utjecati na povećanje brojanosti ličinki. Promjene u brojnosti uglavnom su uzrokovane povećanjem/smanjenjem brojnosti ličinki kao rezultat promjene temperature a manjim djelom vremenskim promjenama u dinamici. Analiza sinkronosti u oba modela, ako i kod odraslih jedinki, pokazuje da promjena temperature u periodu sezone u manjoj mjeri mijenja sinkronost dinamike ličinki. Također, povećanje intervala promjene temperature uzrokuje i veće padove sinkroniteta.

Relativna opterećenja ličinkama u oba modela nelinearno se mijenjaju s promjenom srednje dnevne temperature, pri čemu vrlo često upravo snižavanje temperatura tijekom perioda sezone uzrokuje povećanje relativnog opterećenja ličinkama. Odgovor relativnog opterećenja ličinkama kao rezultat promjene temperature vrlo je sličan u oba modela. U modelu s konstantnim kapacitetom okoliša (Slika 4.78) u 2012. i 2015. godini svaka promjena temperature dovodi do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama. Ovaj učinak nije vidljiv u istim ovim godinama u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša (Slika 4.79).

### Simulacija 3

Simulirana je linearna promjena srednjih dnevnih temperatura u intervalu od -3°C do +3°C u periodu pred- i post-sezone. Pred-sezona podrazumijeva period od 1. siječnja do 31. svibnja, a period post-sezone period od 1. rujna do 31. prosinca. Promjene srednjih dnevnih temperatura u periodu pred-sezone i post-sezone imaju utjecaj na dinamiku oba promatrana razvojna stadija u vremenskom smislu.

Kod odraslih jedinki u oba modela, kao i u Simulaciji 1, uočava se pomjeranje dinamike odraslih jedinki u vremenom smislu u ovisnosti o promjeni temperature (Slika 4.80 – model s konstantnim kapacitetom okoliša i Slika 4.81- model s promjenjivim kapacitetom okoliša). U oba modela, uočava se produljenje trajanja dijapauze odraslih jedinki na početku reproduktivne sezone, pri čemu se pri najvećem simuliranom smanjenju temperature trajanje dijapauze produljuje za mjesec dana u odnosu na normalan period izlaska iz dijapauze, pa jedinke iz dijapauze izlaze početkom svibnja. U 2008, 2009., 2011. i 2014. jedinke iz dijapauze izlaze tek u drugom dijelu svibnja. Ovaj učinak jednak je u navedenim godinama u oba modela. U oba modela također se uočava pomicanje dinamike odraslih na kasnije periode pojavljivanja uslijed snižavanja temperature, a ovaj učinak najbolje se uočava upravo na prvoj najezdi. U oba modela, u 2005., 2006., 2009., 2010., 2011., 20123. i 2013. povišenje srednjih dnevnih temperatura u periodu sezone dovodi do povećanja broja dijapauzirajućih jedinki na kraju reproduktivne sezone. U oba modela u svim godinama osim 2007. i 2015. snižavanje srednjih dnevnih temperatura dovelo je do smanjenja broja dijapauzirajućih jedinki na kraju reproduktivne sezone.

Pregledom analize sinkroniteta, također se uočava utjecaj temperature na vremensko pomjeranje dinamike odraslih jedinki, pri čemu se uočavaju značajni padovi sinkronosti uslijed promjene temperature. Kao i kod ostalih simulacija povećanje intervala promjene temperature uzrokuje i veće padove sinkroniteta. Relativna opterećenja odraslim jedinkama uslijed promjene temperature u oba modela slijede sličan trend, pri čemu povišenje srednjih dnevnih temperatura uzrokuje povećanje relativnog opterećenja ličinkama, a smanjenje temperatura ne mora nužno dovesti i do smanjenja relativnog opterećenja odraslima.

Kod ličinačkog stadija u oba modela mogu se uočiti jednaki učinci promjene temperature kao i kod odraslih jedinki (Slika 4.82 – model s konstantnim kapacitetom okoliša i Slika 4.83 – model s promjenjivim kapacitetom okoliša). U oba modela snižavanje srednjih dnevnih temperatura u periodu pred-sezone i post-sezone dovodi do kasnije pojave ličinki, a povećanje temperatura do njihove ranije pojave. Promjene u brojnosti ličinki u pojedinim periodima godine primarno su rezultat vremenskih pomaka u dinamici, a manjim dijelom promjenama u brojnosti uslijed promjene temperature. Pregledom rezultata sinkronosti vidljivo je da se sinkronost ličinačkog stadija smanjuje u značajnijoj mjeri u oba modela. Kao i u prethodnim simulacijama povećanje intervala promjene temperature uzrokuje i veće padove sinkroniteta. Odgovori sinkroniteta kao rezultat promjene temperature slični su u oba modela.

Promjene u relativnom opterećenju ličinkama uslijed promjene temperature slijede sličan trend u oba modela *Culex pipiens*. Povišenje srednjih dnevnih temperatura u periodu pred-sezone i post-sezone dovelo je do povećanja relativnog opterećenja ličinkama u 2005., 2006., 2010., 2011. i 2013. godini. Smanjenje temperatura ne dovodi nužno i do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama. U oba modela snižavanje srednjih dnevnih temperatura u pojedinim intervalima u simuliranom periodu dovelo je do povećanje relativnog opterećenja ličinkama u oba modela. – 2010. u oba modela i 2013. godina u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša.

### Simulacija 4

Simulirana je randomizirana promjena srednjih godišnjih temperatura u intervalima od -3°C do +3°C sa standardnim devijacijama 0d 0.1, 0.2, 0.5, 1 i 2. Glavni cilj ove simulacije bio je utvrditi utjecaj varijabilnosti temperature na dinamiku populacije komaraca vrste *Culex pipiens*.

Iz rezultata simulacije vidljivo je da, kao i u Simulaciji 1, randomizirane promjene srednjih godišnjih temperatura dovođe do pomaka u dinamici populacije odraslih jedinki u vremenskom smislu. Ovaj učinak vidljiv je u oba modela vrste *Culex pipiens* (Slika 4.84 – model s konstantnim kapacitetom okoliša i Slika 4.85 – model s promjenjivim kapacitetom okoliša). Povišenje temperature u svim promatranim godinama u oba modela dovodi do ranije pojave prvog populacijskog pika odraslih jedniki.

Također, povišenje temperature dovodi i do povećanja broja odraslih jedinki u pojedinim populacijskim pikovima. Snižavanje srednje temperature dovodi do kasnijeg pojavljivanja odraslih jedinki, i do smanjivanja brojnosti odraslih jedinki u pojedinim populacijskim pikovima kroz godinu. Navedeni učinci vidljivi su u oba modela vrste *Culex pipiens* pri malim varijacijama temperature – 10% i 20% varijacije srednje godišnje temperature. Daljnje povećanje oscilacija srednje temperature na godišnjoj razini dovodi do sinkronizacije dinamike u svim intervalima promjene temperature, odnosno promjena temperature više nema značajnog utjecaja na dinamiku populacije odraslih jedinki u vremenskom smislu. Ovaj učinak vidljiv je u oba modela i posebice je izražen pri standardnoj devijaciji srednje temperature od 50% (Slika 4.84 - SD=0.5 i Slika 4.85 - SD=0.5). Daljnjim povećanjem varijabilnosti temperatura ponovno se počinju uočavati učinci njezine promjene u oba modela – dolazi do promjena u dinamici populacije u vremenskom smislu, i počinje se uočavati učinak snižavanja temperature tj. smanjenje brojnosti odraslih jedinki u pojedinim populacijskim pikovima, već pri snižavanju temperature 1°C na godišnjoj razini. Analiza sinkroniteta u oba modela pokazuje vrlo slične trendove u ovisnosti o promjeni temperature (Slika 4.86 i Slika 4.87). Promjene temperature znatno mijenjaju sinkronost dinamike, tj. dovode do vremenskog pomjeranja dinamike. U oba modela najmanje promjene sinkronosti uzrokuju randomizirane promjene temperature sa standardnom devijacijom od 20% i 50%. Relativna opterećenja odraslom populacijom kao odgovor na promjenu temperature nelinearno se mijenjaju s promjenom temperature u oba modela, pri čemu promjene temperature u bilo kojem smjeru (povišenje-sniženje) mogu dovesti do povećanja relativnog opterećenja odraslima.

Kod stadija ličinki u oba modela mogu se uočiti jednaki učinci promjene temperature i njezine varijabilnosti kao i kod odraslih jedinki. U oba modela, promjena temperature sa malim varijacijama dovodi do promjena u dinamici stadija ličinki u vremenskom smislu (Slika 4.88 – model s konstantnim kapacitetom okoliša i Slika 4.89 – model s promjenjivim kapacitetom okoliša). Povišenje srednjih temperatura na godišnjoj razini uzrokuje ranije pojavljivanje ličinki, a snižavanje temperature uzrokuje njihovo kasnije pojavljivanje. Snižavanje temperature na godišnjoj razini veće od 2°C dovodi do značajnog smanjivanja brojnosti ličinki u pojedinim populacijskim pikovima. Kao i kod odraslih jedinki, povećanje varijabilnosti temperatura dovodi do sinkronizacije dinamike stadija ličinki te se pojedini učinci na dinamiku stadija ličinki gube. Ovaj učinak sinkronizacije kao i kod odraslih jedinki uočava se pri standardnoj devijaciji promjene temperature od 0.5 i djelomično na standardnoj devijaciji 1 (Slika 4.88 – model s konstantnim kapacitetom okoliša i Slika 4.89 – model s promjenjivim kapacitetom okoliša)). Analiza sinkroniteta pokazuje da promjena temperature na godišnjoj razini u intervalu  $\pm 3^{\circ}$ C u značajnijoj mjeri mijenja sinkronost dinamike. Najmanje promjene u sinkronitetu dinamike ličinki kao i kod odraslih jedinki uočavaju se pri standardnoj devijaciji srednje godišnje temperature od 0.5 i djelomično pri standardnoj devijaciji 1 (Slika 4.90 i Slika 4.91). Promjene relativnih opterećenja ličinkama u ovisnosti o promjeni temperature u oba modela slijede slične trendove i nelinearno se mijenjaju s promjenom temperature.

#### Simulacija 5

Simulirana je randomizirana promjena srednjih dnevnih temperatura u intervalima od -3°C do +3°C sa standardnim devijacijama od 0.1, 0.2, 0.5, 1 i 2 u periodu sezone. Sezona podrazumijeva period od 1. lipnja do 31. kolovoza. Cilj ove simulacije bio je utvrditi utjecaj promjene temperatura i njezine varijabilnosti ukoliko bi se promjena temperature dogodila tijekom perioda sezone.

Kod odraslih jedinki *Culex pipiens* kao i u prethodnim simulacijama, temperatura znatno utječe na dinamiku ovog razvojnog stadija. Promjena temperature male varijabilnosti mijenja vremensku dinamiku pojavljivanja odraslog stadija; povišenje temperature uzrokuje raniji izlazak iz stanja dijapauze, a snižavanje temperature produljuje trajanje dijapauze za mjesec dana pri najvećem simuliranom smanjenju temperature od -3 °C u svim simuliranim godinama u oba modela vrste *Culex* 

*pipiens* (Slika 4.92 i Slika 4.93). Mala promjena varijabilnosti uzrokuje pojačavanje učinka snižavanja temperature pa se u gotovo svim populacijskim pikovima u svim godinama i u oba modela broj jedinki pri najvećem simuliranom intervalu promjene temperature znatno smanjuje. Daljnje povećanje varijabilnosti temperature, kao i u prethodnoj simulaciji, dovodi do sinkronizacije dinamike odraslih, te promjena temperature ne mijenja vremensku dinamiku odraslog stadija. Pri simulaciji promjene srednjih dnevnih temperatura sa standardnom devijacijom od 50% (DS=0.5) dinamika je vrlo sinkrona; odrasle jedinke iz dijapauze izlaze u gotovo isto vrijeme u svim intervalima promjene temperature u svim godinama u oba modela *Culex pipiens*. Daljnjim povećavanjem varijabilnosti promjene temperature ponovno se uočavaju njezini utjecaju na dinamiku odraslih jedinki; promjene u vremenskom pojavljivanju odraslih jedinki te smanjenje broja odraslih jedinki pri snižavanju temperature. Iz analize sinkroniteta vidljivo je da promjene temperature u periodu sezone utječu na smanjivanje sinkronosti u odnosu na "nultu" simulaciju (Slika 4.94 – model s konstantnim kapacitetom okoliša i Slika 4.95 – model s promjenjivim kapacitetom okoliša). U oba modela promjene temperature sa standardnom devijacijom SD=0.5 u najmanjoj mjeri mijenjaju sinkronost u oba modela. Relativna opterećenja odraslim jedinkama nelinearno se mijenjaju s promjenom temperature u oba modela.

Kod ličinačkog stadija mogu se uočiti svi učinci promjene temperature i njezine varijabilnosti tijekom perioda sezone kao i kod odraslih jedinki (Slika 4.96 i Slika 4.97). Učinak sinkronizacije dinamike ličinačkog stadija jače je izražen u odnosu na odrasle jedinke pri standardnoj devijaciji promjene temperature od 50% u oba modela (Slika 4.98 i Slika 4.99). Učinak je vidljiv i u analizi sinkroniteta gdje u oba modela pri svim simuliranim intervalima promjene temperature standardna devijacija od 50% u najmanjoj mjeri mijenja vrijednosti sinkroniteta. Relativna opterećenja ličinkama nelinearno se mijenjaju s promjenom temperature u oba modela, a promjena standardne devijacije pri istom simuliranom intervalu promjene temperature može uzrokovati značajne promjene u relativnom opterećenju ličinkama.

## Simulacija 6

Simulirana je randomizirana promjena srednjih dnevnih temperatura u intervalima od -3°C do +3°C sa standardnim devijacijama od 0.1, 0.2, 0.5, 1 i 2 u periodu pred- i post - sezone. Pred-sezone podrazumijeva period od 1. siječnja do 31. svibnja, a period post-sezone od 1. rujna do 31. prosinca. Cilj ove simulacije bio je utvrditi utjecaj promjene temperatura i njezine varijabilnosti ukoliko bi se promjena temperature dogodila izvan perioda sezone.

Kao i kod svih prethodnih simulacija uočavaju se promjene u dinamici odraslih jedinki u vremenskom smislu u svim godinama u oba modela (Slika 4.100 i Slika 4.101). Razlika u odnosu na simulaciju promjene temperatura u periodu sezone (Simulacija 5) je da se učinak sinkronizacije dinamike odraslih jedinki uočava već pri standardnoj devijaciji promjene temperature od 20%. Promjene temperature sa standardnom devijacijom od 100% i 200% srednje vrijednosti ponovno dovode do promjene u vremenskom pojavljivanju odraslih jedinki. Pri standardnim devijacijama od 20% i 50% u najmanjoj mjeri se uočavaju promjene u brojnosti jedinki u pojedinim vremenskim intervalima u godini. Analiza sinkronosti također pokazuje da temperaturne promjene u periodu izvan sezone značajno mijenjaju sinkronost dinamike odraslih jedinki, a najmanju promjenu sinkronosti uzrokuje promjena temperature sa standardnom devijacijom od 20% i 50%. Relativna opterećenja odraslim jedinkama nelinearno se mijenjaju s promjenom temperature u oba modela i pri svim standardnim devijacijama temperature (Slika 4.102 i Slika 4.103).

Kod ličinačkog stadija u oba modela uočavaju se jednaki učinci na dinamiku kao kod odraslih.



Slika 4.72. Rezultati Simulacije 1- linearna promjena srednje godišnje temperature – odrasle jedinke vrste Culex pipiens – model s konstantnim kapacitetom okoliša. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestgodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene temperature, d) Relativno opterećenje odraslom populacijom kao rezultat promjene temperature.



Slika 4.73. Rezultati Simulacije 1- linearna promjena srednje godišnje temperature – odrasle jedinke vrste Culex pipiens – model s promjenjivim kapacitetom okoliša. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestgodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene temperature, d) Relativno opterećenje odraslom populacijom kao rezultat promjene temperature.



Slika 4.74. Rezultati Simulacije 1- linearna promjena srednje godišnje temperature – ličinke vrste Culex pipiens – model s konstantnim kapacitetom okoliša. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestogodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene temperature, d) Relativno opterećenje ličinkama kao rezultat promjene temperature.



Slika 4.75. Rezultati Simulacije 1- linearna promjena srednje godišnje temperature – ličinke vrste Culex pipiens – model s promjenjivim kapacitetom okoliša. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestogodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene temperature, d) Relativno opterećenje ličinkama kao rezultat promjene temperature.



Slika 4.76. Rezultati Simulacije 2- linearna promjena srednjih dnevnih temperatura u periodu sezone – odrasle jedinke vrste Culex pipiens – model s konstantnim kapacitetom okoliša. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestgodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene temperature, d) Relativno opterećenje odraslom populacijom kao rezultat promjene temperature.



Slika 4.77. Rezultati Simulacije 2- linearna promjena srednjih dnevnih temperatura u periodu sezone – odrasle jedinke vrste Culex pipiens – model s promjenjivim kapacitetom okoliša. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestogodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene temperature, d) Relativno opterećenje odraslom populacijom kao rezultat promjene temperature.



Slika 4.78. Rezultati Simulacije 2- linearna promjena srednjih dnevnih temperatura u periodu sezone – ličinke vrste Culex pipiens – model s konstantnim kapacitetom okoliša. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestogodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene temperature, d) Relativno opterećenje ličinkama kao rezultat promjene temperature.



Slika 4.79. Rezultati Simulacije 2- linearna promjena srednjih dnevnih temperatura u periodu sezone – ličinke vrste Culex pipiens – model s promjenjivim kapacitetom okoliša. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestogodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene temperature, d) Relativno opterećenje ličinkama kao rezultat promjene temperature.



Slika 4.80. Rezultati Simulacije 3 - linearna promjena srednjih dnevnih temperatura u periodu pred- i post-sezone – odrasle jedinke vrste Culex pipiens – model s konstantnim kapacitetom okoliša. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestogodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene temperature, d) Relativno opterećenje odraslom populacijom kao rezultat promjene temperature.



Slika 4.81. Rezultati Simulacije 3 - linearna promjena srednjih dnevnih temperatura u periodu pred- i post-sezone – odrasle jedinke vrste Culex pipiens – model s promjenjivim kapacitetom okoliša. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestogodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene temperature, d) Relativno opterećenje odraslom populacijom kao rezultat promjene temperature.

4. Rezultati



Slika 4.82. Rezultati Simulacije 3- linearna promjena srednjih dnevnih temperatura u periodu pred- i post-sezone – ličinke vrste Culex pipiens – model s konstantnim kapacitetom okoliša. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestogodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene temperature, d) Relativno opterećenje ličinkama kao rezultat promjene temperature.



Slika 4.83. Rezultati Simulacije 3- linearna promjena srednjih dnevnih temperatura u periodu pred- i post-sezone – ličinke vrste Culex pipiens – model s promjenjivim kapacitetom okoliša. a) Simulacije dinamike populacije u jedanaestogodišnjem razdoblju – prikazan je period godine od travnja do studenog, b) Razlike u brojnosti populacije u pojedinoj simulaciji odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto" stanje, c) Sinkronost dinamike uslijed promjene temperature, d) Relativno opterećenje ličinkama kao rezultat promjene temperature.





4. Rezultati



Slika 4.85. Rezultati Simulacije 4 – Simulacije dinamike populacije odraslih jedinki Culex pipiens pri randomiziranim promjenama srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature – model s promjenjivim kapacitetom okoliša.



Slika 4.86. Rezultati Simulacije 4 – Randomizirane promjene srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature – odrasle jedinke – model s konstantnim kapacitetom okoliša. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 10%; ružičasta linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%; zelena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 50%; plava linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%; selena logovarajuće vrijednosti relativnog opterećenja odraslim jedinkama. Boje odgovaraju istim promjenama standardne devijacije kao i u prvoj slici.



Slika 4.87. Rezultati Simulacije 4 – Randomizirane promjene srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature – odrasle jedinke – model s promjenjivim kapacitetom okoliša. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 10%; ružičasta linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%; zelena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 50%; plava linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%; selena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 50%; plava linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 200%. Na drugoj slici prikazane su odgovarajuće vrijednosti relativnog opterećenja odraslim jedinkama. Boje odgovaraju istim promjenama standardne devijacije kao i u prvoj slici.



Slika 4.88. Rezultati Simulacije 4 – Simulacije dinamike populacije ličinki Culex pipiens pri randomiziranim promjenama srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature – model s konstantnim kapacitetom okoliša.



Slika 4.89. Rezultati Simulacije 4 - Simulacije dinamike populacije ličinki Culex pipiens pri randomiziranim promjenama srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature – model s promjenjivim kapacitetom okoliša.



Slika 4.90. Rezultati Simulacije 4 – Randomizirane promjene srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature – ličinke – model s promjenjivim kapacitetom okoliša. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 10%; ružičasta linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%; zelena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 50%; plava linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; ružičasta linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; ružičasta linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; ružičasta linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 200%. Na drugoj slici prikazane su odgovarajuće vrijednosti relativnog opterećenja ličinkama. Boje odgovaraju istim promjenama standardne devijacije kao i u prvoj slici.



Slika 4.91. Rezultati Simulacije 4 – Randomizirane promjene srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature – ličinke – model s konstantnim kapacitetom okoliša. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 10%; ružičasta linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%; zelena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 50%; plava linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; ružičasta linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%. Na drugoj slici prikazane su odgovarajuće vrijednosti relativnog opterećenja ličinkama. Boje odgovaraju istim promjenama standardne devijacije kao i u prvoj slici.





4. Rezultati



Slika 4.93. Rezultati Simulacije 5 – Simulacije dinamike populacije odraslih jedinki Culex pipiens pri randomiziranim promjenama srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature u periodu sezone – model s promjenjivim kapacitetom okoliša.


Slika 4.94. Rezultati Simulacije 5 – Randomizirane promjene srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature u periodu sezone – odrasle jedinke – model s konstantnim kapacitetom okoliša. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 10%; ružičasta linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%; zelena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 50%; plava linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature su odgovarajuće vrijednosti relativnog opterećenja odraslim jedinkama. Boje odgovaraju istim promjenama standardne devijacije.



Slika 4.95. Rezultati Simulacije 5 – Randomizirane promjene srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature u periodu sezone – odrasle jedinke – model s promjenjivim kapacitetom okoliša. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 10%; ružičasta linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%; zelena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 50%; plava linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%. Na drugoj slici prikazane su odgovarajuće vrijednosti relativnog opterećenja odraslim jedinkama. Boje odgovaraju istim promjenama standardne devijacije kao i u prvoj slici.



Slika 4.96. Rezultati Simulacije 5 – Simulacije dinamike populacije ličinki Culex pipiens pri randomiziranim promjenama srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature u periodu sezone – model s konstantnim kapacitetom okoliša.



Slika 4.97. Rezultati Simulacije 5 – Simulacije dinamike populacije ličinki Culex pipiens pri randomiziranim promjenama srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature u periodu sezone – model s promjenjivim kapacitetom okoliša.

4. Rezultati



Slika 4.98. Rezultati Simulacije 5 – Randomizirane promjene srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature u periodu sezone – ličinke – model s konstantnim kapacitetom okoliša. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 10%; ružičasta linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%; zelena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 50%; plava linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 200%. Na drugoj slici prikazane su odgovarajuće vrijednosti relativnog opterećenja ličinkama. Boje odgovaraju istim promjenama standardne devijacije kao i u prvoj slici.



Slika 4.99. Rezultati Simulacije 5 – Randomizirane promjene srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature u periodu sezone – ličinke – model s promjenjivim kapacitetom okoliša. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 10%; ružičasta linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%; zelena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 50%; plava linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 200%. Na drugoj slici prikazane su odgovarajuće vrijednosti relativnog opterećenja ličinkama. Boje odgovaraju istim promjenama standardne devijacije kao i u prvoj slici.



Slika 4.100. Rezultati Simulacije 6 – Simulacije dinamike populacije odraslih jedinki Culex pipiens pri randomiziranim promjenama srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature u periodu pred- i post-sezone - model s konstantnim kapacitetom okoliša.



Slika 4.101. Rezultati Simulacije 6 - Simulacije dinamike populacije odraslih jedinki Culex pipiens pri randomiziranim promjenama srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature u periodu pred- i post-sezone - model s promjenjivim kapacitetom okoliša.



Slika 4.102. Rezultati Simulacije 6 – Randomizirane promjene srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature u periodu pred- i post-sezone – odrasle jedinke – model s konstantnim kapacitetom okoliša. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 10%; ružičasta linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%; zelena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 50%; plava linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%. Na drugoj slici prikazane su odgovarajuće vrijednosti relativnog opterećenja odraslim jedinkama. Boje odgovaraju istim promjenama standardne devijacije kao i u prvoj slici.



Slika 4.103. Rezultati Simulacije 6 – Randomizirane promjene srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature u periodu pred- i post-sezone – odrasle jedinke – model s promjenjivim kapacitetom okoliša. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 10%; ružičasta linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%; zelena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 50%; plava linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 200%. Na drugoj slici prikazane su odgovarajuće vrijednosti relativnog opterećenja odraslim jedinkama. Boje odgovaraju istim promjenama standardne devijacije kao i u prvoj slici.







Slika 4.105. Rezultati Simulacije 6 - Simulacije dinamike populacije ličinki Culex pipiens pri randomiziranim promjenama srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature u periodu pred- i post-sezone - model s promjenjivim kapacitetom okoliša.

4. Rezultati



Slika 4.106. Rezultati Simulacije 6 – Randomizirane promjene srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature u periodu pred- i post-sezone – ličinke – model s konstantnim kapacitetom okoliša. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 10%; ružičasta linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%; zelena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 50%; plava linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%. Na drugoj slici prikazane su odgovarajuće vrijednosti relativnog ličinkama. Boje odgovaraju istim promjenama standardne devijacije kao i u prvoj slici.



Slika 4.107. Rezultati Simulacije 6 – Randomizirane promjene srednje dnevne temperature i standardne devijacije temperature u periodu pred- i post-sezone – ličinke – model s promjenjivim kapacitetom okoliša. Na prvoj slici prikazan je sinkronitet: crna linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 10%; ružičasta linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%; zelena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 50%; plava linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 100%; crvena linija – standardna devijacija srednje dnevne temperature 20%. Na drugoj slici prikazane su odgovarajuće vrijednosti relativnog ličinkama. Boje odgovaraju istim promjenama standardne devijacije kao i u prvoj slici.

## 4.4.4. Simulacija utjecaja promjene kišnog režima na vrstu Culex pipiens

### Simulacije 1 - 3

U prve tri simulacije utjecaja kišnog režima izvedene su simulacije kojima je cilj utvrditi osnovni odgovor populacije na jednostavne promjene kišnog režima. U prvoj simulaciji kiša pada svaki dan u godini, u drugoj simulaciji nema kiše niti jedan dan u godini a u trećoj simulaciji kiša pada svaki dan tijekom perioda sezone. Simulacije su izvedene na obje verzije modela *Culex pipiens*.

Na Slika 4.108. prikazana je dinamika populacije odraslih jedinki vrste *Culex pipiens* u jedanaestogodišnjem razdoblju dobivena kao rezultat modela s konstantnim i promjenjivim kapacitetom okoliša. U modelu s konstantnim kapacitetom okoliša u svim godinama najveći broj jedinki, odnosno najveće povećanje brojnosti odrasle populacije, dobiveno je u simulaciji u kojoj kiša ne pada niti jedna dan u godini. Povećanje frekvencije kiše tijekom cijele godine (Simulacija 1) ili tijekom perioda sezone (Simulacija 3) dovodi do smanjenja broja odraslih jedinki i snižavanja intenziteta svih populacijskih pikova u odnosu na godišnju dinamiku kakva je bila s obzirom na okolišne parametre u toj godini. U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša (Slika 4.108.)) u sve tri simulacije i u svim promatranim godinama promjene kišnog režima rezultirale su smanjenjem brojnosti odrasle populacije *Culex pipiens*. Za razliku od modela s konstantnim kapacitetom okoliša, u simulaciji 2 u kojoj nema kiše niti jedan dan u godini, dobiveno je najveće smanjenje brojnosti odrasle populacije. U Simulaciji 1 (kiša pada svaki dan i Simulaciji 3 (kiša pada svaki dan tijekom perioda sezone) u svih jedanaest godina došlo je do smanjenja brojnosti odrasle populacije u odnosu na osnovnu simulaciju.

U modelu s konstantnim kapacitetom okoliša u svim simulacijama tijekom jedanaestogodišnjeg razdoblja brojnost ličinki nije se značajno promijenila u odnosu na osnovnu simulaciju, međutim u svim promatranim godinama u Simulaciji 2 (kiša pada svaki dan) došlo je do povećanja intenziteta prvog populacijskog pika, a u Simulaciji 3 (kiša pada svaki dan) došlo je do njegovog smanjenja (Slika 4.109 a)). U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša u Simulaciji 2 (kiše nema niti jedan dan u godini) došlo je do značajnog smanjenja broja ličinki u svim promatranim godinama. U Simulaciji 1 (kiša pada svaki dan u godini) i Simulaciji 3 (kiša pada svaki dan tijekom perioda sezone) došlo je do povećanja brojnosti ličinki u svim promatranim godinama s time da je brojnost ličinki najveća u prvoj simulaciji u kojoj kiša pada svaki dan u godini (Slika 4.109).

#### Simulacija 4

U ovoj simulaciji simulirana je randomizirana promjena kišnog režima tijekom godine, odnosno broj kišnih dana u godini se randomizirano povećava ili smanjuje u odnosu na stvarni broj kišnih dana u pojedinoj godini. Simulirano je povećanje broja kišnih dana od 10%, 20%, 50%, 100% i 200% i smanjenje od 10%, 20%, 50%, 100%.

U modelu s konstantnim kapacitetom okoliša iz rezultata simulacije vidljivo je da randomizirana promjena kišnog režima u smislu smanjenja ukupnog broja kišnih dana dovodi do povećanja broja odraslih jedinki, jednako kao i povećanje broja kišnih dana za duplo više u odnosu na stvarni broj dana. Povećanje broja kišnih dana od 10%-50% u gotovo svim promatranim godinama dovodi do smanjenja broja odrasle populacije (Slika 4.110). Kod stadija ličinki povećanje broja kišnih dana dovodi do povećanja intenziteta prvog populacijskog pika te nešto ranije pojave ličinki. Randomizirano smanjenje kišnih dana u znatno manjoj mjeri mijenja brojnost ličinki (Slika 4.111).

Pregledom rezultata analize sinkroniteta u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša vidljivo je da randomizirana promjena kišnog režima značajno mijenja dinamiku populacije u vremenskom smislu,

te se vrijednosti sinkroniteta smanjuju i kod odraslih i kod ličinki, s time da je smanjenje sinkronosti dinamike kod ličinki značajnije izraženo nego kod odraslih jedinki (Slika 4.112). Promjene sinkroniteta kod oba razvojna stadija nelinearno se mijenjaju u ovisnosti o promjeni kišnog režima. Analiza opterećenja populacijom odraslim jedinkama i ličinkama pokazuje različite učinke randomizirane promjene kišnog režima. U modelu s konstantnim kapacitetom okoliša povećanje kišnog režima za 10% dovodi do smanjenja relativnog opterećenja odraslima, dok ga ostale promjene kišnog režima povećavaju. Kod ličinki promjene kišnog režima uglavnom rezultiraju smanjenjem relativnog opterećenja ličinkama u svim promatranim godinama i simuliranim postotcima randomizirane promjene kišnog režima (Slika 4.113).

U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša dobiveni su bitno drugačiji rezultati. Iz rezultata simulacija vidljivo je da ranadomizirano povećanje frekvencije kiše dovodi do povećanja broja odraslih jedinki, no povećanje frekvencije kišnih dana veće od 100% uglavnom rezultira smanjenjem broja odraslih jedinkini (Slika 4.114). Također, povećanje broja kišnih dana u gotovo sivim promatranim godinama dovodi do povećanja intenziteta prvog populacijskog pika. Smanjenje broja kišnih dana u većem dijelu godine kroz jedanaestogodišnje razdoblje dovodi do smanjenja broja odraslih jedinki. Povećanje broja kišnih dana u svim promatranim godinama osim 2005., te 2012. godine uvijek dovodi do smanjenja broja odraslih jedinki koje ulaze u stanje dijapauze na kraju reproduktivne sezone, a smanjenje broja kišnih dana dovodi do smanjenja broja dijapauzirajućih jedinki u svim promatranim godinama. Kod ličinki u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša dobiveni su slični rezultati kao i kod odraslih jedinki. Randomizirano povećanje broja kišnih dana do 100%-150% dovodi do povećanja broja ličinki, a daljnje povećanje broja kišnih dana dovodi do smanjenja njihove brojnosti (Slika 4.115). Smanjenje broja kišnih dana u drugom dijelu sezone dovodi do povećanja broja ličinki a u ostalom dijelu godine do smanjenja. Analiza sinkroniteta i u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša pokazuje da randomizirnana promjena kišnog režima u znatnoj mjeri utječe na sinkronitet, posebice kod ličinki (Slika 4.116). Analiza relativnih opterećenja u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša kod odraslih jedinki pokazuje da snižavanje broja kišnih dana dovodi do smanjenja relativnog opterećenja odraslim jedinkama u svim promatranim godinama (Slika 4.117). Manje povećanje broja kišnih dana dovodi do povećanja relativnog opterećenja odraslima, a najveće simulirano povećanje broja kišnih dana od 200% u odnosu na stvarni broj kišnih dana u godini u svim promatranim godinama dovodi do smanjenja relativnog opterećenja odraslima. Kod ličinačkog stadija opažaju se isti trendovi u relativnom opterećuju ličinkama kao i kod odraslih jedinki.

## Simulacija 5

U ovoj simulaciji simulirana je randomizirana promjena kišnog režima tijekom perioda sezone, odnosno broj kišnih dana u godini se randomizirano povećava ili smanjuje u odnosu na stvarni broj kišnih dana u sezoni pojedine godine. Simulirano je povećanje i smanjenje broja kišnih dana od 10%, 20%, 50% 100%.

U modelu *Culex pipiens* s konstantnim kapacitetom okoliša simulacija pokazuje da randomizirano povećanje broja kišnih dana u periodu sezone povećava broj odraslih jedinki, međutim smanjenje broja kišnih dana u puno većoj mjeri utječe na povećanje broja odraslih u svim promatranim godinama (Slika 4.118). Kod ličinačkog stadija dobiveni su slični rezultati kao i kod odraslih jedinki. Promjene kišnog režima u periodu sezone mogu dvojako utjecati na brojnost ličinki – smanjiti ili povećati njihov broj u pojedinim vremenskim intervalima kroz godinu (Slika 4.119). Iz analize relativnog opterećenja vidljivo je smanjenje broja kišnih dana u svim promatranim godinama dovodi i do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama, a povećanje broja kišnih dana do povećanja relativnog opterećenja ličinkama. Kod odraslih jedinki povećanje i smanjenje broja kišnih dana može dovesti do povećanja relativnog opterećenja vidljivo.

Analiza sinkronosti u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša vrste *Culex pipiens* pokazuje da promjene kišnog režima u periodu sezone značajno utječu na dinamiku promatranih razvojnih stadija u vremenskom smislu, posebice ličinki kod kojih sinkronitet pri svim simuliranim intervalima promjene kišnog režima i u svim promatranim godinama ima niže vrijednosti od odrasle populacije (Slika 4.120).

U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša randomizirano povećanje broja kišnih dana u periodu sezone u gotovo svim godinama dovodi do povećanja broja odraslih jedinki; iznimka je 2005. godina u kojem je u većem dijelu godine došlo do smanjenja broja odraslih jedinki. Smanjenje broja kišnih dana dovodi do povećanja broja odraslih tijekom sredine reproduktivne sezone, dok u ostalim periodima dolazi do smanjenja broja odraslih jedinki (Slika 4.122). Kod stadija ličinke uočavaju se slični učinci randomizirane promjene kišnog režima u periodu sezone – povećanje broja kišnih dana dovodi do povećanja broja ličinki, a smanjenje broja kišnih dna do smanjenja njihovog broja osim tijekom sredine reproduktivne sezone kada u gotovo svim promatranim godinama dolazi do povećanja broja ličinki (Slika 4.123). No, usporedbom sa rezultatima analize relativnog opterećenja ličinkama i odraslim jedinkama, vidljivo je da na godišnjoj razini smanjenje broja kišnih dana tijekom perioda sezone dovodi do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama u svim promatranim godinama, a povećanje broja kišnih dana do 50% dovodi do povećanja relativnog opterećenja ličinkama. Pri najvećem simuliranom povećanju od 100% povećanja broja kišnih dna uočava se smanjenje relativnog opterećenja ličinkama. Kod odraslih jedinki uočavaju se jednaki učinci promjene kišnog režima u periodu sezone kao i kod ličinki u svim promatranim godinama (Slika 4.125). Analiza sinkroniteta u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša pokazuje da randomizirana promjena kišnog režima dovodi do značajnih promjena u vremenskoj dinamici oba razvojna stadija. Smanjenje sinkronosti pri svim simuliranim intervalima promjene kišnog režima jače je izraženo kod ličinačkog stadija (Slika 4.124).



Slika 4.108. Dinamika populacije odraslih jedinki Culex pipiens u jedanaestogodišnjem razdoblju – Simulacije 1 – 3. <u>Legenda</u>: crna linija – osnovna simulacija – model s obzirom na okolišne parametre u simuliranoj godini; Plava linija – Simulacija 1 – kiša pada svaki dan u godini; crvena linija – Simulacija 2 – kiše nema niti jedan dan u godini; zelena linija – Simulacija 3 – kiša pada svaki dan tijekom perioda sezone.

- a) Dinamika populacije u jedanaestogodišnjem razdoblju model s konstantnim kapacitetom okoliša
- b) Dinamika populacije u jedanaestogodišnjem razdoblju model s promjenjivim kapacitetom okoliša



Slika 4.109. Dinamika populacije ličinki Culex pipiens u jedanaestogodišnjem razdoblju – Simulacije 1 – 3. <u>Legenda</u>: crna linija – osnovna simulacija – model s obzirom na okolišne parametre u simuliranoj godini; Plava linija – Simulacija 1 – kiša pada svaki dan u godini; crvena linija – Simulacija 2 – kiše nema niti jedan dan u godini; zelena linija – Simulacija 3 – kiša pada svaki dan tijekom perioda sezone.

- a) Dinamika populacije u jedanaestogodišnjem razdoblju model s konstantnim kapacitetom okoliša
- b) Dinamika populacije u jedanaestogodišnjem razdoblju model s promjenjivim kapacitetom okoliša



Slika 4.110. Rezultati simulacije 4 – utjecaj randomizirane promjene godišnjeg kišnog režima i varijabilnosti kišnog režima na odrasle jedinke Culex pipens – model s konstantnim kapacitetom okoliša. Na gornjoj slici prikazane su simulacije dinamike populacije u jedanaestgodišnjem razdoblju, a na donjoj razlike u brojnosti populacije odraslih jedinki u pojedinoj simulaciji u odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto stanje").



Slika 4.111. Rezultati simulacije 4 – utjecaj randomizirane promjene godišnjeg kišnog režima i varijabilnosti kišnog režima na ličinke vrste Culex pipens – model s konstantnim kapacitetom okoliša. Na gornjoj slici prikazane su simulacije dinamike populacije u jedanaestgodišnjem razdoblju, a na donjoj razlike u brojnosti populacije odraslih jedinki u pojedinoj simulaciji u odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto stanje").



Slika 4.112. Rezultati Simulacije 4 – Sinkronost dinamika populacije odraslih jedinki i ličinki vrste Culex pipiens u ovisnosti o randomiziranoj promjeni kišnog režima u jednanestogodišnjem razdoblju – model s konstantnim kapacitetom okoliša. Crna linija – odrasle jedinke, crvena linija – ličinke.



Slika 4.113. Rezultati Simulacije 4 – Relativno opterećenje odraslima (crna linija) i ličinkama (crvena linija) vrste Culex pipiens u ovisnosti o randomiziranoj promjeni kišnog režima u jednanestogodišnjem razdoblju – model s konstantnim kapacitetom okoliša.



Slika 4.114. Rezultati simulacije 4 – utjecaj randomizirane promjene godišnjeg kišnog režima i varijabilnosti kišnog režima na odrasle jedinke Culex pipens – model s promjenjivim kapacitetom okoliša. Na gornjoj slici prikazane su simulacije dinamike populacije u jedanaestgodišnjem razdoblju, a na donjoj razlike u brojnosti populacije odraslih jedinki u pojedinoj simulaciji u odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto stanje").



Slika 4.115. Rezultati simulacije 4 – utjecaj randomizirane promjene godišnjeg kišnog režima i varijabilnosti kišnog režima na ličinke vrste Culex pipens – model s promjenjivim kapacitetom okoliša. Na gornjoj slici prikazane su simulacije dinamike populacije u jedanaestgodišnjem razdoblju, a na donjoj razlike u brojnosti populacije odraslih jedinki u pojedinoj simulaciji u odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto stanje").



Slika 4.116. Rezultati Simulacije 4 – Sinkronost dinamika populacije odraslih jedinki i ličinki vrste Culex pipiens u ovisnosti o randomiziranoj promjeni kišnog režima u jednanestogodišnjem razdoblju – model s promjenjivim kapacitetom okoliša. Crna linija – odrasle jedinke, crvena linija – ličinke.



Slika 4.117. Rezultati Simulacije 4 – Relativno opterećenje odraslima (crna linija) i ličinkama (crvena linija) vrste Culex pipiens u ovisnosti o randomiziranoj promjeni kišnog režima u jednanestogodišnjem razdoblju – model s promjenjivim kapacitetom okoliša.



Slika 4.118. Rezultati simulacije 5 – utjecaj randomizirane promjene kišnog režima i varijabilnosti kišnog režima u periodu sezone na odrasle jedinke Culex pipens – model s konstantnim kapacitetom okoliša. Na gornjoj slici prikazane su simulacije dinamike populacije u jedanaestgodišnjem razdoblju, a na donjoj razlike u brojnosti populacije odraslih jedinki u pojedinoj simulaciji u odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto stanje").



Slika 4.119. Rezultati simulacije 5 – utjecaj randomizirane promjene kišnog režima i varijabilnosti kišnog režima u periodu sezone na ličinke vrste Culex pipens – model s konstantnim kapacitetom okoliša. Na gornjoj slici prikazane su simulacije dinamike populacije u jedanaestgodišnjem razdoblju, a na donjoj razlike u brojnosti populacije odraslih jedinki u pojedinoj simulaciji u odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto stanje").



Slika 4.120. Rezultati Simulacije 5– Sinkronost dinamika populacije odraslih jedinki i ličinki vrste Culex pipiens u ovisnosti o randomiziranoj promjeni kišnog režima u periodu sezone tijekom jedanaestogodišnjeg razdoblja – model s konstantnim kapacitetom okoliša. Crna linija – odrasle jedinke, crvena linija – ličinke.



Slika 4.121. Rezultati Simulacije 5 – Relativno opterećenje odraslima (crna linija) i ličinkama (crvena linija) vrste Culex pipiens u ovisnosti o randomiziranoj promjeni kišnog režima tijekom perioda sezone u jedanaestogodišnjem razdoblju – model s konstantnim kapacitetom okoliša.



Slika 4.122. Rezultati simulacije 5 – utjecaj randomizirane promjene kišnog režima i varijabilnosti kišnog režima u periodu sezone na odrasle jedinke Culex pipens – model s promjenjivim kapacitetom okoliša. Na gornjoj slici prikazane su simulacije dinamike populacije u jedanaestgodišnjem razdoblju, a na donjoj razlike u brojnosti populacije odraslih jedinki u pojedinoj simulaciji u odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto stanje").



Slika 4.123. Rezultati simulacije 5 – utjecaj randomizirane promjene kišnog režima i varijabilnosti kišnog režima u periodu sezone na ličinke vrste dinke Culex pipens – model s promjenjivim kapacitetom okoliša. Na gornjoj slici prikazane su simulacije dinamike populacije u jedanaestgodišnjem razdoblju, a na donjoj razlike u brojnosti populacije odraslih jedinki u pojedinoj simulaciji u odnosu na godišnju dinamiku (tzv. "nulto stanje").



Slika 4.124. Rezultati Simulacije 5 – Sinkronost dinamika populacije odraslih jedinki i ličinki vrste Culex pipiens u ovisnosti o randomiziranoj promjeni kišnog režima u periodu sezone tijekom jedanaestogodišnjeg razdoblja – model s promjenjivim kapacitetom okoliša. Crna linija – odrasle jedinke, crvena linija – ličinke.



Slika 4.125. Rezultati Simulacije 5 – Relativno opterećenje odraslima (crna linija) i ličinkama (crvena linija) vrste Culex pipiens u ovisnosti o randomiziranoj promjeni kišnog režima tijekom perioda sezone u jedanaestogodišnjem razdoblju – model s promjenjivim kapacitetom okoliša.

# 4.5. Vremensko-frekvencijska analiza

4.5.1. Analiza periodičnosti vremenskih serija populacija modeliranih vrsta komaraca na godišnjoj razini i u jedanaestogodišnjem razdoblju

Wavelet transformacija vremenske serije odraslih jedinki vrste Aedes vexans u razdoblju od 2005. do 2015. godine prikazana je na Slici 4.126. Iz rezultata analize vidljivo je da se postoji značajna periodičnost u populaciji odraslih jedinki tijekom perioda reproduktivne sezone. U svim godinama pojavljuje se značajna periodičnost oko 32 dana s velikom amplitudom, što znači da se maksimalni populacijski pikovi populacije odraslih komarca Aedes vexans pojavljuju svakih 32 dana. Uz period 32 u 2006., 2013. i 2014. godini u dijelu reproduktivne sezone pojavljuje se značajna periodičnost oko 14-16 dana, no s manjom amplitudom. Analizom oblika grebena godine se mogu podijeliti u dvije osnovne skupine. Prvu skupinu čine godine 2005., 2011., 2012., 2013. u kojima tijekom reproduktivne dolazi do povećanja perioda pojave maksimalnih amplituda. To podrazumijeva da se maksimumi populacijskih pikova u drugom dijelu reproduktivne sezone pojavljuju u većem razmaku. Drugu skupinu čine godine 2008., 2009., 2014. i 2015. u kojim tijekom reproduktivne sezone dolazi do skraćivanja perioda pojave maksimalnih amplituda. 2007. godina se izdvaja po položaju grebena čiji je položaj relativno konstantan oko perioda 32. Kod ostalih razvojnih stadija vrste Aedes vexans pojavljuje se značajna periodičnost tijekom reproduktivne sezone, sa periodom oko 32 dana. Kod stadija kukuljice, po položaju grebena godine se također mogu podijeliti u dvije skupine. U prvu skupnu mogu se svrstati 2005., 2012., 2013. i 2015. u kojima tijekom drugog dijela reproduktivne sezone dolazi do povećanja perioda, odnosno maksimumi populacijskih pikova pojavljuju se s većim razmakom (Slika 4.127). U drugu skupinu godina spadaju 2006., 2007., 2009., 2010. i 2014. godine u kojima tijekom reproduktivne sezone dolazi do skraćivanja perioda, odnosno maksimumi populacijskih pikova se pojavljuju u kraćim vremenskim intervalima. Tijekom 2011. godine položaj grebena je relativno konstantan oko perioda od 28 dana. Kod stadija ličinki periodičnost je također značajna samo u dijelu reproduktivne sezone. Kod stadija ličinki karakteristično je što se godine mogu podijeliti po značajnom periodu i obliku grebena (Slika 4.128). 2005., 2008., 2011. 2012., 2014. i 2015. godina karakterizirane su kraćim značajnim periodom od 14-28 dana, dok su godine 2006., 2007, 2009., 2010. i 2012. karakterizirane duljim periodom od 32-58 dana.

Wavelet transformacija vremenskih serija vrste *Culex pipiens* u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša također ukazuje na značajnu periodičnost tijekom reproduktivne sezone. Kod odraslih jedinki u većem broju godina, pri maksimalnim amplitudama karakterističan je period od 28 dana (Slika 4.130). Prema obliku grebena vidljivo je da se položaj maksimalnih amplituda mijenja tijekom reproduktivne sezone. Kod stadija kukuljice pri maksimalnim amplitudama u sredini reproduktivne sezone karakterističan je period od 28 dana (Slika 4.131). Oblik grebena tijekom reproduktivne sezone se mijenja te je često duži na početku i kraju reproduktivne sezone. Posebno se izdvajaju 2012. i 2013. godina sa dva dominantna karakterističan perioda tijekom reproduktivne sezone dolazi do skraćivanja vremenskog razmaka u pojavi maksimalnih amplituda, odnosno maksimuma populacijskih pikova. Kod stadija ličinke pri najvećim amplitudama najčešće se pojavljuje karakteristični period od 32 dana, također tijekom reproduktivne sezone (Slika 4.131). U pojedinim godinama pojavljuje se karakterističan periodičnost od 14-18 dana (2005., 2010., 2012., 2013. godina). Za stadij jajašca također je karakterističan period od 28-32 dana pri maksimalnim amplitudama (Slika 4.133).

Wavelet transformacija vremenske serije odraslih jedinki *Culex pipiens* u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša pri maksimalnoj amplitudi pokazuje karakterističan period od 28-32 dana (Slika

4.134). Oblik grebena ukazuje na skraćivanje perioda maksimalnih amplituda u drugom dijelu reproduktivne sezone, što znači da se populacijski pikovi pojavljuju s manjim vremenskim razmakom. Kod ostalih razvojnih stadija također se uočavaju značajne periodičnosti tijekom reproduktivne sezone s periodom od 28-32 dana.

Analiza snage spektra wavelet-transformacije za vrstu Aedes vexans promatrana u jedanaestogodišnjem razdoblju pokazuje dva značajna perioda (Slika 4.138). Period od 365 dana odgovara karakterističnoj sezonskoj dinamici odrasle populacije koja se ponavlja svake godine. Također, ističe se značajan period od 32 dana unutar pojedinih godina, no značajnost perioda razvučena je u relativno velikom intervalu od 16-62 dana. Također, uočava se periodičnost u pojavi visokih amplituda koje se pojavljuju svake dvije godine i traju po dvije godine. Rezultati analize upućuju na to da se velike brojnosti odraslih jedinki Aedes vexans mogu očekivati u parovima od dvije godine, nakon čega slijede dvije godine u kojima je brojnost odrasle populacije Aedes vexans smanjena. Slične periodičnosti se uočavaju i kod stadija kukuljice (Slika 4.139). Pojavljuje se značajan period od 365 dana koji odgovara sezonskoj dinamici ovog razvojnog stadija koji se ponavlja svake godine. Isto kao i kod odraslih jedinki uočava se značajan period od 32 dana tijekom perioda sezone unutar svake godine (16-62 dana), i ponavljanje visokih amplituda u parovima od dvije godine, nakon čega slijede dvije godine s manjim amplitudama. Kod preostala dva razvojna stadija periodičnost je puno manje izražena. Kod stadija ličinki još uvijek se uočava godišnja periodičnost (Slika 4.140) no kod stadija jajašca ona se u potpunosti gubi i nije značajan tijekom cijelog promatranog intervala od 11 godina (Slika 4.141), čime se dolazi do zaključka da populacija jajašca vrste Aedes vexans ne posjeduje značajna periodična svojstva. Srednja vrijednost snage spektra stadija jajašca pokazuje značajan period od 30 dana unutar godine, no on nije značajan u svih jedanaest godina promatranog razdoblja.

Wavelet spektri snage populacije Culex pipens u oba modela pokazuju jasnije izražena periodična svojstva u odnosu na vrstu Aedes vexans. Kod odrasle populacije Culex pipiens u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša uočavaju se tri značajna perioda. Prvi period od 32 dana karakterističan je za period reproduktivne sezone u kojem se maksimumi populacije odraslih mogu očekivati s razmakom od 32 dana (Slika 4.142). Osim njega izdvajaju se još dva perioda od 200 i 365 dana. Period od 200 dana pojavljuje se s relativno visokom amplitudom i odgovara periodičnosti u stanju dijapauze odraslih jedinki. Ovaj period ne uočava se u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša (Slika 4.146), budući da je broj dijapauzirajućih jedinki u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša znano manji u odnosu na broj odraslih jedinki koji se pojavljuju tijekom reproduktivne sezone, dok je u modelu s konstantom kapacitetom okoliša brojnost dijapauzirajućih jedinki i brojnost odraslih tijekom reproduktivne sezone relativno ujednačena. Populacija kukuljica *Culex pipiens* u oba modela pokazuje jasno izraženu periodičnost. U oba modela izdvajaju se dva značajna perioda, godišnji period (365 dana) koji odgovara sezonskim karakteristikama populacije ličinki budući da one nisu prisutne tijekom cijele godine, već samo u sezoni (Slika 4.143 i Slika 4.147). Drugi značajan period je period od 30 dana koji se pojavljuje u tijekom reproduktivne sezone što znači da se maksimumi populacije ličinki mogu očekivati svakih 30 dana. Kod stadija kukuljice u oba modela također se pojavljuju dva značajna perioda - godišnji od 365 dana i period od 30-32 dana koji je karakterističan za period reproduktivne sezone (Slika 4.144 i Slika 4.148). Kod stadija jajašca u oba modela se također uočavaju dva značajna perioda, godišnji (365 dana) i mjesečni koji je karakterističan za period reproduktivne sezone (Slika 4.145 i Slika 4.149). U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša, period od 32 dana je jasnije definiran budući da se značajnost proteže od perioda 16-40 dana, a u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša značajnost je razvučena od 16 do čak 64 dana.



Slika 4.126. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije za odrasle jedinke vrste Aedes vexans za godine 2005. do 2015. godine. (intervalna skala)



Slika 4.127. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije za kukuljice vrste Aedes vexans za godine 2005. do 2015. godine. (intervalna skala)



Slika 4.128. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije za ličinke vrste Aedes vexans za godine 2005. do 2015. godine. (intervalna skala)



*Slika 4.129. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije za jajašca vrste Aedes vexans za godine 2005. do 2015. godine. (intervalna skala)* 



Slika 4.130. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije za odrasle jedinke vrste Culex pipiens – model s konstantnim kapacitetom okoliša za godine 2005. do 2015. godine. (intervalna skala).



Slika 4.131. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije za kukuljice vrste Culex pipiens – model s konstantnim kapacitetom okoliša za godine 2005. do 2015. godine. (intervalna skala)



Slika 4.132. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije za ličinke vrste Culex pipiens – model s konstantnim kapacitetom okoliša za godine 2005. do 2015. godine. (intervalna skala)



Slika 4.133. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije za jajašca vrste Culex pipiens – model s konstantnim kapacitetom okoliša za godine 2005. do 2015. godine. (intervalna skala)



Slika 4.134. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije za odrasle jedinke vrste Culex pipiens – model s promjenjivim kapacitetom okoliša za godine 2005. do 2015. godine. (intervalna skala)



Slika 4.135. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije za kukuljice vrste Culex pipiens – model s promjenjivim kapacitetom okoliša za godine 2005. do 2015. godine. (intervalna skala)



Slika 4.136. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije za ličinke vrste Culex pipiens – model s promjenjivim kapacitetom okoliša za godine 2005. do 2015. godine. (intervalna skala)



Slika 4.137. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije za jajašca vrste Culex pipiens – model s promjenjivim kapacitetom okoliša za godine 2005. do 2015. godine. (intervalna skala)



Slika 4.138. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije vremenske serije stadija odraslih jedinki vrste Aedes vexans u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015.) i srednja vrijednost snage spektra.



Slika 4.139. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije vremenske serije stadija kukuljice vrste Aedes vexans u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015.) i srednja vrijednost snage spektra.



Slika 4.140. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije vremenske serije stadija ličinki vrste Aedes vexans u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015.) i srednja vrijednost snage spektra.



Slika 4.141. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije vremenske serije stadija jajašca vrste Aedes vexans u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015.) i srednja vrijednost snage spektra.



Slika 4.142. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije vremenske serije stadija odraslih jedinki vrste Culex pipiens u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015.) i srednja vrijednost snage spektra - model s konstantnim kapacitetom okoliša..



Slika 4.143. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije vremenske serije stadija kukuljica vrste Culex pipiens u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015.) i srednja vrijednost snage spektra - model s konstantnim kapacitetom okoliša.



Slika 4.144. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije vremenske serije stadija ličinke vrste Culex pipiens u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015.) i srednja vrijednost snage spektra - model s konstantnim kapacitetom okoliša.



Slika 4.145. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije vremenske serije stadija jajašca vrste Culex pipiens u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015.) i srednja vrijednost snage spektra - model s konstantnim kapacitetom okoliša..



Slika 4.146. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije vremenske serije stadija odraslih jedinki vrste Culex pipiens u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015.) i srednja vrijednost snage spektra - model s promjenjivim kapacitetom okoliša.



Slika 4.147. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije vremenske serije stadija kukuljice vrste Culex pipiens u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015.) i srednja vrijednost snage spektra - model s promjenjivim kapacitetom okoliša.



Slika 4.148. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije vremenske serije stadija ličinki vrste Culex pipiens u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015.) i srednja vrijednost snage spektra - model s promjenjivim kapacitetom okoliša.



Slika 4.149. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije vremenske serije stadija jajašca vrste Culex pipiens u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015.) i srednja vrijednost snage spektra - model s promjenjivim kapacitetom okoliša.
# 4.5.2. Analiza periodičnosti vremenskih serija okolišnih varijabli relevantnih za modelirane vrste komaraca

Spektar snage wavelet-transformacije srednje dnevne temperature na području grada Osijeka pokazuje jasno izraženu godišnju periodičnost – značajan period od 365 dana (Slika 4.150). Srednja vrijednost spektra snage pokazuje i značajnost perioda 32, što odgovara mjesečnim promjenama temperature, no njih nije moguće uočiti u prvom dijelu prikaza budući de se ne pojavljuju nužno s velikom amplitudom. Analizom spektra snage wavelet-transformacije vremenske serije vodostaja Dunava (mjerna postaja Batina) jasno se uočava nekoliko značajnih perioda. Godišnji period (365 dana) jasno je izražen i na njemu se uočava pulsna priroda vodostaja Dunava (Slika 4.151). Vidljivo je da se visoke amplitude izmjenjuju u parovima od dvije godine, svake dvije godine. 2005 i 2006. godina obilježene su vrlo visokim amplitudama vodostaja, nakon čega su uslijedile dvije godine s znatno manjom amplitudom. Zanimljivo je uočiti da se dvogodišnje amplitude vodostaja Dunava u periodu od 2005. do 2015 kontinuirano smanjuju. Osim karakterističnog godišnjeg perioda, pojavljuje se značajnost perioda od 128 dana što odgovara tromjesečnim izmjenama vodostaja, no ova periodičnost nije značajna tijekom cijelog promatranog intervala od 11 godina već samo tijekom 2005., 2006. te 2010., 2011. godine. S većom amplitudom pojavljuje se i period 64 koji odgovara dvomjesečnim izmjenama vodostaja. Ove periodičnosti također nisu značajne za sve promatrane godina. Također mogu se uočiti mjesečni period od 35 dana. Analiza vremenske serije vodostaja Drave pokazuje izraženu godišnju periodičnost (značajan period od 365 dana) (Slika 4.152). Na spektru realnog dijela wavelet transformacije uočava se pulsna izmjena visokih amplituda, kao i kod vodostaja Dunava u parovima od dvije godine svake dvije godine. Pulsevi visokih amplituda poklapaju se s dvogodišnjim pulsevima visokih amplituda vodostaja Dunava. Greben godišnjeg perioda prema 2015. godini se pomiče na nešto raniji period od 265 dana. Na vremenskoj seriji vodostaja Drave moguće je uočiti još perioda koji pokazuju značajnost: 35 dana, 75 dana i 198 dana no ovi periodi nisu značajni tijekom cijelog promatranog razdoblja.



Slika 4.150. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije i srednja vrijednost snage wavelet spektra srednje dnevne temperature u gradu Osijeku u razdoblju od 2005. – 2015. (intervalna skala).



Slika 4.151. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije i srednja vrijednost snage wavelet spektra vodostaja Dunava (mjerna postaja Batina) za razdoblje od 2005. – 2015. (intervalna skala).



Slika 4.152. Spektar snage realnog dijela wavelet-transformacije i srednja vrijednost snage wavelet spektra vodostaja Drave (mjerna postaja Donji Miholjac) za razdoblje od 2005. – 2015. (intervalna skala).

# 4.5.3. Analiza zajedničkih periodičnosti vremenskih serija dinamike populacije modeliranih vrsta komaraca i okolišnih varijabli

### 4.5.3.1. Koherencija vremenskih serija dinamike populacija modeliranih vrsta komarca i srednje dnevne temperature okoliša u gradu Osijeku

Kros-spektri snage wavelet-transformacije vremenskih serija ukazuju na zajedničke periodičnosti dvaju vremenskih serija i mogu ukazivati na međusobnu ovisnost dvaju varijabli. Na grafičkim prikazima prikazana je koherencija vremenskih serija koja pokazuje vremenska područja u kojima dvije serije imaju konstantu faznu razliku i jednaku frekvenciju. Analizom koherencije vremenskih serija različitih razvojnih stadija kod obje modelirane vrste komarca nije moguće detektirati značajnu koherenciju sa srednjom dnevnom temperaturom. Tijekom reproduktivne sezone postoje manja vremenska područja u kojim postoji značajna koherencija, no ona su vrlo kratkog trajanja i praćena su konstantnim izmjenama faznih razlika. Pregledom rezultata po godinama i razvojem stadijima može se zaključiti da srednje dnevna temperatura nije adekvatna prediktorska varijabla koja se samostalno može koristi u predviđanju dinamike populacija komaraca na godišnjoj razini. Spektri koherencije srednje dnevne temperature i razvojnih stadija *Aedes vexans* prikazani su na Slikama 4.153. do 4.156.; spektri koherencije vrste *Culex pipiens* (model s konstantnim kapacitetom okoliša) i srednje dnevne temperature na Slikama 4.161. do 4.164.

Promatrano u jedanaestogodišnjem razdoblju vidljivo je da se dvije vremenske serije odraslih jedinki i ličinki vrste *Aedes vexans* pojavljuju s velikom zajedničkom amplitudom u godišnjem periodu (značajan period od 365 dana) i da su dvije vremenske serije u fazi (Slika 4.165 i Slika 4.169). Spektar koherencije pokazuje da je koherencija značajna na godišnjoj razini (period 365 dana) i da su dvije vremenske serije u fazi.



Slika 4.153. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije odraslih jedinki vrste Aedes vexans i srednje dnevne temperature okoliša u gradu Osijeku; godišnji spektri za razdoblje od 2005. – 2015. godine.



Slika 4.154. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije kukuljica vrste Aedes vexans i srednje dnevne temperature okoliša u gradu Osijeku; godišnji spektri za razdoblje od 2005. – 2015. godine.



Slika 4.155. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije ličinki vrste Aedes vexans i srednje dnevne temperature okoliša u gradu Osijeku; godišnji spektri za razdoblje od 2005. – 2015. godine.



Slika 4.156. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije jajašaca vrste Aedes vexans i srednje dnevne temperature okoliša u gradu Osijeku; godišnji spektri za razdoblje od 2005. – 2015. godine.



Slika 4.157. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije odraslih jedinki vrste Culex pipiens (model s konstantnim kapacitetom okoliša) i srednje dnevne temperature okoliša u gradu Osijeku; godišnji spektri za razdoblje od 2005. – 2015. godine.



Slika 4.158. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije kukuljica vrste Culex pipiens (model s konstantnim kapacitetom okoliša) i srednje dnevne temperature okoliša u gradu Osijeku; godišnji spektri za razdoblje od 2005. – 2015. godine.



Slika 4.159. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije ličinki vrste Culex pipiens (model s konstantnim kapacitetom okoliša) i srednje dnevne temperature okoliša u gradu Osijeku; godišnji spektri za razdoblje od 2005. – 2015. godine.



Slika 4.160. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije jajašaca vrste Culex pipiens (model s konstantnim kapacitetom okoliša) i srednje dnevne temperature okoliša u gradu Osijeku; godišnji spektri za razdoblje od 2005. – 2015. godine.



Slika 4.161. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije odraslih jedinki vrste Culex pipiens (model s promjenjivim kapacitetom okoliša) i srednje dnevne temperature okoliša u gradu Osijeku; godišnji spektri za razdoblje od 2005. – 2015. godine.



Slika 4.162. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije kukuljica vrste Culex pipiens (model s promjenjivim kapacitetom okoliša) i srednje dnevne temperature okoliša u gradu Osijeku; godišnji spektri za razdoblje od 2005. – 2015. godine.



Slika 4.163. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije ličinki vrste Culex pipiens (model s promjenjivim kapacitetom okoliša) i srednje dnevne temperature okoliša u gradu Osijeku; godišnji spektri za razdoblje od 2005. – 2015. godine.



Slika 4.164. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije jajašaca vrste Culex pipiens (model s promjenjivim kapacitetom okoliša) i srednje dnevne temperature okoliša u gradu Osijeku; godišnji spektri za razdoblje od 2005. – 2015. godine.



Slika 4.165. Kros-spektar snage wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije odraslih jedinki vrste Aedes vexans i srednje dnevne temperature u gradu Osijeku; i srednja vrijednost kros-wavelet spektra u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine.).



Slika 4.166. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije odraslih jedinki vrste Aedes vexans i srednje dnevne temperature u gradu Osijeku u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine.).



Slika 4.167. Kros-spektar snage wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije kukuljica vrste Aedes vexans i srednje dnevne temperature u gradu Osijeku; i srednja vrijednost kros-wavelet spektra u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine.).



Slika 4.168. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije kukuljica vrste Aedes vexans i srednje dnevne temperature u gradu Osijeku u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine).



Slika 4.169. Kros-spektar snage wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije ličinki vrste Aedes vexans i srednje dnevne temperature u gradu Osijeku; i srednja vrijednost kros-wavelet spektra u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine).



Slika 4.170. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije ličinki vrste Aedes vexans i srednje dnevne temperature u gradu Osijeku u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine).



Slika 4.171. Kros-spektar snage wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije jajašaca vrste Aedes vexans i srednje dnevne temperature u gradu Osijeku; i srednja vrijednost kros-wavelet spektra u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine).



Slika 4.172. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije jajašaca vrste Aedes vexans i srednje dnevne temperature u gradu Osijeku u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine.).



Slika 4.173. Kros-spektar snage wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije odraslih jedinki vrste Culex pipiens i srednje dnevne temperature u gradu Osijeku (model s konstantnim kapacitetom okoliša); i srednja vrijednost kros-wavelet spektra u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine.).



Slika 4.174. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije odraslih jedinki vrste Culex pipiens i srednje dnevne temperature u gradu Osijeku u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine.) (model s konstantnim kapacitetom okoliša).

### 4.5.3.2. Koherencija vremenskih serija dinamike populacije Aedes vexans i vodostaja Dunava

Analizom rezultata koherencije vremenskih serija populacije *Aedes vexans* po razvojnim stadijima sa vodostajem Dunava na godišnjim razinama, može se uočiti da je koherencija značajna samo u kratkim periodima tijekom godine i da je praćena konstantnim promjenama faznih razlika, što upućuje da se na razni godine vodostaj Dunava nije adekvatna prediktorska varijabla. Spektri koherencije vodostaja Dunava i razvojnih stadija *Aedes vexans* prikazani su na Slikama 4.175. do 4.178.

Promatrano u jedanaestogodišnjem razdoblju vidljivo je da se vremenske serije odraslih jedinki i ličinki vrste *Aedes vexans* i vodostaj Dunava pojavljuju s velikom zajedničkom amplitudom u godišnjem periodu (značajan period od 365 dana) i da su je vodostaj Dunava vodeća varijabla (Slika 4.179 i Slika 4.183). Također je moguće uočiti zajedničke dvogodišnje pulseve s velikom amplitudom koji se pojavljuju svake dvije godine. Spektar koherencije vremenske serije odraslih jedinki i vodostaj Dunava pokazuje da je koherencija značajna na godišnjoj razini (period 365 dana) i da je vodostaj Dunava vodeća varijabla, no moguće je uočiti promjene u značajnosti koherencije u dvogodišnjem razdoblju. Prekidi u značajnosti koherencije uočavaju se tijekom 2007. i 2012. godine.

Jednaki trendovi u koherenciji zapažaju se i kod spektra koherencije stadija ličinke i vodostaja Dunava, no prekidi u značajnosti jače se izraženi i u tim periodima vodostaj Dunava nije značajna vodeća varijabla (Slika 4.184). Koherencija je značajna tijekom 2005. i 2006.; 2009. i 2010. te 2013. i 2014. godine i vodostaj Dunava je vodeća varijabla. Prekidi koherencije u dinamici stadija ličinke *Aedes vexans* i vodostaja Dunava dogodili su se u 2007. i 2008.; 2011. i 2012. te 2015. godini.



Slika 4.175. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije odraslih jedinki vrste Aedes vexans i vodostaja Dunava (mjerna postaja Batina); godišnji spektri za razdoblje od 2005. – 2015. godine.



Slika 4.176. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije kukuljica vrste Aedes vexans i vodostaja Dunava (mjerna postaja Batina); godišnji spektri za razdoblje od 2005. – 2015. godine.



Slika 4.177. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije ličinki vrste Aedes vexans i vodostaja Dunava (mjerna postaja Batina); godišnji spektri za razdoblje od 2005. – 2015. godine.



Slika 4.178. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije jajašaca vrste Aedes vexans i vodostaja Dunava (mjerna postaja Batina); godišnji spektri za razdoblje od 2005. – 2015. godine.



Slika 4.179. Kros-spektar snage wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije odraslih jedinki vrste Aedes vexans i vodostaja Dunava (mjerna postaja Batina); i srednja vrijednost kros-wavelet spektra u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine.).



Slika 4.180. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije odraslih jedinki vrste Aedes vexans i vodostaja Dunava (mjerna postaja Batina) u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine.).



Slika 4.181. Kros-spektar snage wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije kukuljica vrste Aedes vexans i vodostaja Dunava (mjerna postaja Batina); i srednja vrijednost kros-wavelet spektra u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine.).



Slika 4.182. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije kukuljica vrste Aedes vexans i vodostaja Dunava (mjerna postaja Batina) u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine.).



Slika 4.183. Kros-spektar snage wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije ličinki vrste Aedes vexans i vodostaja Dunava (mjerna postaja Batina); i srednja vrijednost kros-wavelet spektra u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine.).



Slika 4.184. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije ličinki vrste Aedes vexans i vodostaja Dunava (mjerna postaja Batina) u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine.).



Slika 4.185. Kros-spektar snage wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije jajašca vrste Aedes vexans i vodostaja Dunava (mjerna postaja Batina); i srednja vrijednost kros-wavelet spektra u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine.).



Slika 4.186. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije jajašaca vrste Aedes vexans i vodostaja Dunava (mjerna postaja Batina) u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine.).

#### 4.5.3.3. Koherencija vremenskih serija dinamike populacije Aedes vexans i vodostaja Drave

Analizom rezultata koherencije vremenskih serija populacije *Aedes vexans* po razvojnim stadijima sa vodostajem Drave na godišnjim razinama, može se uočiti da je koherencija značajna samo u kratkim periodima tijekom godine i da je praćena konstantnim promjenama faznih razlika, što upućuje da se na razni godine vodostaj Drave nije adekvatna prediktorska varijabla. Spektri koherencije vodostaja Drave i razvojnih stadija *Aedes vexans* prikazani su na Slikama 4.187. do 4.189.

Promatrano u jedanaestogodišnjem razdoblju vidljivo je da se vremenske serije odraslih jedinki Aedes vexans i vodostaj Drave pojavljuju s velikom zajedničkom amplitudom u godišnjem periodu (značajan period od 365 dana) i da je vodostaj Drave vodeća varijabla (Slika 4.190). Također je moguće uočiti zajedničke dvogodišnje pulseve s velikom amplitudom koji se pojavljuju svake dvije godine. Osim značajnog perioda od 365 dana, srednja vrijednosti kros-spektra pokazuje značajne periode od 34 i 190 dana (zajednički mjesečni i šestomjesečni period). Spektar koherencije vremenske serije odraslih jedinki i vodostaja Drave pokazuje da je koherencija značajna na godišnjoj razini (period 365 dana) u periodu od 2005. do 2012. godine, no fazne strelice upućuju da je od 2005. do 2011. godine vodostaj Drave vodeća varijabla, a u 2011. godini dvije vremenske serije su u fazi (Slika 4.191). Nakon 2012. godine nema značajne koherencije u godišnjem periodu. Tijekom 2013. godine pojavljuje se značajna koherencija s manjim periodom od 256 dana i u tom kratkom periodu vodostaj Drave je vodeća varijabla. Kod stadija ličinke mogu se uočiti slični trendovi. vremenske serije vodostaja Drave i populacije ličinki pojavljuju se s velikom zajedničkom amplitudom s godišnjim periodom. Fazne strelice pokazuju da su dvije vremenske serije u fazi sve do 2011. godine, nakon čega kao i kod odraslih dolazi do skraćivanja perioda i promjene smjera faznih strelica. Tijekom 2011. godine vodostaj Drave postaje vodeća varijabla. Od 2014. godine, gubi se značajan godišnji period i fazne strelice nisu konzistentne. Osim značajnog godišnjeg perioda, srednja vrijednost kros-wavelet spektra pokazuje značajan mjesečni i šestomjesečni period (34 i 190 dana). Kros-spektar koherencije pokazuje značajnu koherenciju u periodu od 2005 do kraja 2009. godine, zatim tijekom 2011. godine nakon čega se gubi značajna koherencije između dvije vremenske serije u godišnjem periodu. Fazne strelice pokazuju sa su u 2005. i 2006. godini vremenske serije u fazi, a u preostalom dijelu značajne koherencije vodostaj Drave je vodeća varijabla., osim tijekom 2011. godine kada su serije opet u fazi. Tijekom 2013. godine postoji značajan koherencija s manjim periodom od 256 dana.



Slika 4.187. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije odraslih jedinki vrste Aedes vexans i vodostaja Drave (mjerna postaja donji Miholjac); godišnji spektri za razdoblje od 2005. – 2015. godine.



Slika 4.188. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije kukuljica vrste Aedes vexans i vodostaja Drave (mjerna postaja donji Miholjac); godišnji spektri za razdoblje od 2005. – 2015. godine.



Slika 4.189. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije ličinki vrste Aedes vexans i vodostaja Drave (mjerna postaja donji Miholjac); godišnji spektri za razdoblje od 2005. – 2015. godine.



Slika 4.190. Kros-spektar snage wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije odraslih jedinki vrste Aedes vexans i vodostaja Drave (mjerna postaja Donji Miholjac); i srednja vrijednost kros-wavelet spektra u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine.).



Slika 4.191. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije odraslih jedinki vrste Aedes vexans i vodostaja Drave (mjerna postaja Donji Miholjac) u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine.).



Slika 4.192. Kros-spektar snage wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije kukuljica vrste Aedes vexans i vodostaja Drave (mjerna postaja Donji Miholjac); i srednja vrijednost kros-wavelet spektra u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine.).



Slika 4.193. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije kukuljica vrste Aedes vexans i vodostaja Drave (mjerna postaja Donji Miholjac) u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine.).



Slika 4.194. Kros-spektar snage wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije ličinki vrste Aedes vexans i vodostaja Drave (mjerna postaja Donji Miholjac); i srednja vrijednost kros-wavelet spektra u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine.).



Slika 4.195. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije ličinki vrste Aedes vexans i vodostaja Drave (mjerna postaja Donji Miholjac) u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine.).



Slika 4.196. Kros-spektar snage wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije jajašaca vrste Aedes vexans i vodostaja Drave (mjerna postaja Donji Miholjac); i srednja vrijednost kros-wavelet spektra u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine.).



Slika 4.197. Kros-spektar koherencije wavelet-transformacije vremenskih serija dinamike populacije jajašaca vrste Aedes vexans i vodostaja Drave (mjerna postaja Donji Miholjac) u jedanaestogodišnjem razdoblju (2005. – 2015. godine.).
## 4.6. Simulacije jednog bloka tretiranja

## 4.6.1. Simulacije adulticidnih tretiranja na vrsti Aedes vexans

Na vrsti *Aedes vexans* simulirani su utjecaji adulticidnih i larvicidnih tretiranja različite učinkovitosti, različitog trajanja i različitog vremena početka tretmana. Blok tretiranja može trajati od 1 do 15 dana. U simulacijama su upotrjebljene učinkovitosti od 0% (kontrola), 1%, 5%, 10%, 20%, 50%, 90, i 100%. Učinkovitost podrazumijeva postotak smanjenja ukupne populacije razvojnog stadija za koje se simulacija izvodi. Tretman može započeti od 1 dana u godini (1. siječanj) do 365 dan-trajanje tretmana. Jedna simulacija sa parametrima npr. trajanje bloka 3 dana s učinkovitosti od 20% i početkom tretmana 150 dan, podrazumijeva da je tri dana uzastopce ukupna populacija odraslih ili ličinki svaki dan tretmana umanjena za 20% a prvi tretman odrađen je 150 dan i traje do 153 dana.

Prije pregleda rezultata potrebno je objasniti grafičke prikaze na kojima su prikazani rezultati simulacija. Grafički prikaz sastoji se od dva dijela. Na gornjem dijelu grafičkog prikaza prikazana je dinamika odrasle populacije ili ličinki, ovisno o tretmanu, bez ikakvih utjecaja – dinamika populacije s obzirom na abiotičke čimbenike u godini za koju je rađena simulacija. Na *x*-osi nalazi se redni broj dana u godini, a na *y*-osi brojnost jedinki, odraslih ili ličinki. Na drugom dijelu grafičkog prikaza nalazi se redni broj dana u godini kada započinje tretman, a na *y*-osi prikazana je učinkovitost primijenjenog tretmana. Na *z*-vrijednosti (svaka točka na području grafičkog prikaza) prikazuje ukupno relativno opterećenje (*RPL*<sub>diff</sub>) stadijem za kojeg je simulacija rađena umanjeno za normalno relativno opterećenje u godini za koju je simulacija izvedena, te pokazuje ukupno postignuto smanjenje ili povećanje broja jedinki u odnosu na normalnu dinamiku populacije u simuliranoj godini.

$$RPL_{diff} = \sum_{t=0}^{t=365} N(t)_{SIM} - \sum_{t=0}^{t=365} N(t)_{NORM}$$

Grafički prikaz zapravo predstavlja dvodimenzionalnu reprezentaciju 3D grafičkog prikaza. Usporednom vrijednosti razlike relativnog opterećenja moguće je vidjeti da li je izvedeni tretman, i u kojoj mjeri, utjecao na povećanje/smanjenje brojnosti jedinki pojedinog razvojnog stadija. Prije interpolacije vrijednosti, rezultati simulacije su skalirani na raspon od -100% do 100%, pri čemu -100% predstavlja maksimalno postignuto smanjenje broja jedinki u pojedinoj simulaciji za godinu u kojoj su tretmani simulirani. Na grafičkom prikazu ucrtane su linije koje povezuju točke sa istim postignutim smanjenjem ili povećanjem broja jedinki (tzv. izoritme). Također, postotak promjene broja jedinki od 0% na grafičkom prikazu obojan je bijelom bojom; sva povećanja broja jedinki obojana su skalom crvene boje pri čemu svjetlija boja odgovara manjem, a tamnije crvena većem povećanju broja jedinki. Područja u kojima je došlo do smanjenja broja jedinki obojana su skalom plave boje, pri čemu svjetlo-plava boja odgovara manjem, a tamno-plava većem smanjenju broja jedinki.

Na grafičkim prikazima nalazi se dio rezultata simulacija kako bi se smanjio broj grafičkih prikaza. Prikazane su simulacije adulticidnih tretmana za vrstu *Aedes vexans* u trajanju 1 dana (Slika 4.198 do Slika 4.208), 5 dana (Slika 4.209 do Slika 4.219) i 15 dana (Slika 4.220 do Slika 4.230). Već letimičnim pregledom rezultata uočava se da jednaki parametri simulacije tretmana nemaju jednak učinak u svim godinama. Također, u svim godinama postoje vremenska područja u kojima tretman ima pozitivan, kao i izrazito negativan učinak u kojem tretman uzrokuje povećanje broja odraslih jedinki. Povećanje trajanja tretmana pri istim parametrima učinkovitosti ne dovodi do promjene, odnosno smanjenja brojnosti jedinki u periodima u kojima je pri manjim trajanjima postignut suprotni učinak, odnosno povećanje broja odraslih.

Rezultati simulacija adulticidnih tretmana u 2005. godini pokazuju da u četiri populacijska pika odraslih jedinki koji se pojavljuju u 2005. godini nije bilo moguće postići jednako ukupno smanjenje broja odraslih u svim populacijskim pikovima. U prva dva populacijska pika pri maksimalnim učinkovitostima tretmana (90%-100%) postignuto je smanjenje ukupnog godišnjeg broja odrasle populacije od 80%, u trećem populacijskom piku 60% pri maksimalnoj učinkovitosti tretmana a u zadnjem populacijskom piku, smanjenje ukupne godišnje populacije od tek 20%. U vremenskim periodima kada je populacija odraslih na minimumu tretman ima negativan učinak, te dovodi do povećanja ukupnog godišnjeg opterećenja odraslim jedinkama (Slika 4.198). Produljenje trajanja tretmana u periodima u kojima tretman ima pozitivan učinak na smanjenje brojnosti odraslih jedinki omogućuje postizanje većeg ukupnog godišnjeg opterećenja odraslima i sa manjom učinkovitosti tretmana (Slika 4.209 i Slika 4.220). Isto tako, povećanje trajanja tretmana u periodima u kojima on ima negativan učinak na brojnost odraslih jedinki dovodi do pojačavanja negativnog učinka, te se i pri malim primijenjenim učinkovitostima adulticidnog tretmana postižu znatnija povećanja broj odrasle populacije.

Rezultati simulacija adulticidnih tretmana za 2006. godinu također pokazuju da postoje vremenska područja u kojima tretman može imati pozitivan, kao i izrazito negativan učinak na promjenu brojnosti odraslih jedinki (Slika 4.199). Za razliku od 2005. godine, postignuta pozitivna smanjenja brojnosti odrasle populacije su znano manja. U prvoj najezdi postignuta su najveća smanjenja ukupnog godišnjeg broja odraslih, dok je u preostalim populacijskim pikovima smanjenje i pri vrlo visokoj učinkovitosti (60%-100%) smanjilo ukupno relativno godišnje opterećenje tek za 20%. Kao i u 2005. u vremenskim periodima u kojima je populacija blizu ili na minimumu tretman ima negativan učinak na brojnost populacije odraslih jedinki. Povećanje trajanja tretmana u periodima u kojima tretman ima negativan učinak dovodi do intenzivnijeg suprotnog učinka, odnosno znatnijeg povećanja brojnosti Slika 4.210i Slika 4.221). Produljenje trajanja tretmana u periodima u kojima tretman ima smanjenje brojnosti u pojedinim periodima počinje uzrokovati negativan učinak, najvjerojatnije jer pri maksimalnom simuliranom trajanju od 15 dana, tretman počinje zadirati u vremenski period u kojem je učinak negativan.

Adulticidni tretmani u 2007. godini imaju vrlo različite učinke s obzirom na vrijeme primjene tretmana i primjenjuju učinkovitost. Kraće vrijeme primjene adulticidnog tretmana s manjom učinkovitosti tretmana (1%-10%) dovodi do malog smanjivanja ukupnog godišnjeg opterećenja odraslim jedinkama, dok veća učinkovitost tretmana izaziva negativan učinak i dovodi do povećanja opterećenja odraslima (Slika 4.200). Adulticidni tretmani primijenjeni nakon 250 dana (5. rujna) u godini uvijek imaju pozitivan učinak i dovode do smanjenja relativnog godišnjeg opterećenja odraslima. Povećanje trajanja adulticidnih tretmana dovodi do negativnog učinka u većem dijelu reproduktivne sezone (Slika 4.211 i Slika 4.222). Pregledom rezultata simulacija tretiranja po vremenskom presjeku trajanja tretmana uočava se da povećanje trajanja tretmana u periodu kada on ima pozitivan učinak ne podrazumijeva i povećanje ukupnog godišnjeg opterećenja odraslima (Slika 4.222).

Rezultati simulacija tretiranja u 2008. godini pokazuju da, kao i u prethodnim godinama, postoje vremenski intervali u kojima adulticidni tretman ima pozitivan učinak, kao i intervali u kojima je učinak tretiranja izrazito negativan (Slika 4.201). U prvom populacijskom piku, tretmani kraćeg trajanja i manje učinkovitosti tretmana dovode do pozitivnog učinka i smanjenja relativnog godišnjeg opterećenja odraslima. Tretmani izvedeni nakon 250 dana u godini (5. rujna) pri svim simuliranim trajanjima imaju pozitivan učinak. Povećanje trajanja tretmana dovodi do negativnog učinka i povećanja ukupnog godišnjeg opterećenja odraslima kroz gotovo cijelu reproduktivnu sezonu (Slika 4.212 i Slika 4.223).

U 2009. godini, rezultati simulacija adulticidnih tretmana su također dvojaki, te postoje periodi u kojima tretman dovodi do pozitivnog, ali i izrazito negativnog učinka. Tretman na samom početku populacijskog pika dovodi do negativnog učinka i povećanja ukupnog godišnjeg opterećenja odraslima, dok tretman tijekom prvog populacijskog pika, kada je populacija bliže maksimumu dovodi do pozitivnog učinka tretmana i smanjenja relativnog godišnjeg opterećenja odraslima. Učinak na prvom populacijskom piku se ne mijenja povećanjem trajanja tretmana u smislu promjene pozitivnosti učinka. Tijekom ostalih populacijskih pikova, kraće trajanje tretmana, u periodima u kojima tretman ima pozitivan učinak dovodi do smanjenja relativnog opterećenja odraslima (Slika 4.202), ali povećanjem trajanja tretmana počinje se pojavljivati negativan učinak te dolazi do povećanja godišnjeg opterećenja odraslima (Slika 4.213 i Slika 4.224). Ovaj učinak najuočljiviji je u drugom populacijskom piku.

Adulticidni tretmani u 2010. godini kao i u prethodnim godinama imaju dvojak učinak. Tijekom 2010. godine pojavljuju se četiri populacijska pika (Slika 4.203). Adulticidni tretmani na samom početku i kraju prvog do trećeg populacijskog pika imaju negativan učinak i dovode do povećanja godišnjeg relativnog opterećenja odraslima. Adulticidni tretmani tijekom prva tri populacijska pika, kada je populacija bliže maksimumu imaju pozitivan učinak i dovode do smanjenja relativnog opterećenja odraslima. Adulticidni tretmani tijekom prva tri populacijska pika, kada je populacija bliže maksimumu imaju pozitivan učinak i dovode do smanjenja relativnog opterećenja odraslima. Adulticidni tretman tijekom zadnjeg populacijskog pika uvijek ima pozitivan učinak. Povećanjem trajanja tretmana pojačava se i pozitivni i negativni učinak tretmana, ovisno o vremenu kada je tretman započeo. Povećanje trajanja tretmana (do 7 dana) omogućuje postizanje većeg smanjenja godišnjeg opterećenja odraslima i sa manjom učinkovitošću tretmana (Slika 4.214). Za razliku od prethodnih godina, povećanje trajanja tretmana (7-15 dana) dovodi smanjenja negativnog učinka tretmana u prvom i trećem populacijskom piku, dok se kod drugog populacijskog pika počinje pojavljivati kraći period u kojem se pojavljuje izrazito negativan učinak adulticidnog tretmana (Slika 4.225).

U 2011. godini, učinak adulticidnih tretmana je također dvojak, ovisno o vremenu početka tretmana. Tretmani u periodima u kojima je populacija bliže minimumu dovode do negativnog učinka i povećanja godišnjeg relativnog opterećenja odraslima (Slika 4.204). Povećanje trajanja adulticidnih tretmana dovodi do povećanja pozitivnih i negativnih učinaka tretmana, no povećanja trajanja tretmana dovodi do povećanja vremenskih intervala u kojima tretman ima pozitivan učinak (Slika 4.215 i Slika 4.226). Adulticidni tretman nakon 250. dana u godini (5. rujan) uvijek ima pozitivan učinak, neovisno o primijenjenoj učinkovitosti i trajanja tretmana.

Dinamika odraslih jedinki *Aedes vexans* u 2012. godini relativno je slabo diferencirana, pa je teško govoriti o učinkovitosti tretmana s obzirom na populacijski maksimum ili minimum. Učinak adulticidnih tretmana je kao i u svim prethodnim godinama dvojak, ovisno o vremenu primjene tretmana. Tretman primijenjen tijekom zadnjeg populacijskog pika (rujan) uvijek ima pozitivan učinak na smanjenje broja odraslih (Slika 4.205). Povećanje trajanja tretmana dovodi do povećanja vremenskih intervala u kojima primijenjeni tretman ima negativan učinak do dolazi do intenzivnih povećanja u relativno godišnjem opterećenju odraslim jedinkama (Slika 4.216 i Slika 4.227). Za 2012. godinu je karakteristično da već i trajanje tretmana od 2 i tri dana uzastopce dovodi do značajnih negativnih učinaka i povećanja relativnog opterećenja odraslim jedinkama tijekom cijele reproduktivne sezone.

Tijekom 2013. godine dinamika populacije *Aedes vexans* je dobro diferencirana u prvom dijelu reproduktivne sezone u kojem dominiraju dva populacijska pika, dok je u drugom dijelu sezone dinamike manjeg intenziteta i slabije je diferencirana. Kraći tretmani, 1 do 2 dana, tijekom cijelog prvog populacijskog pika koji se pojavljuje od 125-150 dana u godini (svibanj) dovođe do smanjenja relativnog godišnjeg opterećenja odraslima (Slika 4.206), dok se pri duljim trajanjima počinje pojavljivati negativan učinak (Slika 4.217 i Slika 4.228), ali samo pri vrlo visokim učinkovitostima tretmana (50%-100% učinkovitosti) koju nije realno očekivati u praski. Tretman između prvog i drugog populacijskog pika, kada je populacija odraslih blizu minimumu, dovodi do negativnog učinka i povećanja brojnosti odraslih na godišnjoj razini. Adulticidni tretman tijekom drugog populacijskog pika koji se pojavljuje 165-190 dan u godini (sredina lipnja do početak srpnja) adulticidni tretmani dovođe do smanjenja relativnog opterećenja odraslima, no povećanje trajanja tretmana dolazi do negativnog učinka i povećanja brojnosti odraslih pri učinkovitosti tretmana većoj od 30%. Povećanje trajanja tretmana dovodi i do povećanja

negativnih učinaka tijekom drugog dijela reproduktivne sezone, te se i pri manjim učinkovitostima tretmana počinje pojavljivati negativan učinak.

Rezultati simulacija adulticidnih tretmana u 2014. godini pokazuju da tretmani mogu imati pozitivan i negativan učinak na brojnost, odnosno relativno opterećenje odraslima u ovisnosti o vremenu primijenjenog tretmana (Slika 4.207). Tretmani primijenjeni u periodima kada je populacija odraslih blizu minimuma dovodi do negativnih učinaka tretmana i povećanja brojnosti odraslih gledano na razini godine. Negativni učinci tretmana jače su izraženi u smislu da je dovoljna manja primijenjena učinkovitost za induciranje izrazito negativnog učinka. Pozitivni učinci tretmana općenito su manje izraženi te je potrebna puno veća učinkovitost kako bi se postiglo značajnije smanjenje relativnog opterećenja odraslima. U prvom populacijskom piku postižu se najbolji rezultati u smanjenu brojnosti odraslih, dok je kod ostalih populacijskih pikova čak i vrlo visoke učinkovitosti ne dovode do značajnijih smanjenja broja odraslih. Povećanje trajanja tretmana postaju izraženiji i pozitivni i negativni učinci tretmana (Slika 4.218 i Slika 4.229). Adulticidni tretman primijenjen rijekom rujna uvijek ima pozitivan učinak na smanjenje brojnosti odraslih.

Simulacije adulticidnih tretmana u 2015. godini također pokazuju razlite učinke u ovisnosti o vremenu primijenjenog tretmana. Kraći tretmani sa manjom učinkovitosti u većem dijelu reproduktivne sezone dovode do manjih smanjenja u relativnom opterećenju odraslima, osim u vremenu oko 150-155, 175-185 i 245-255 dana u godini kada su učinci tretmana negativni (Slika 4.208). U periodu od 255 dana u godini (12. rujna) adulticidni tretman uvijek dovodi do smanjenja relativnog opterećenja odraslima. Povećanje trajanja tretmana dovodi do pojave negativnih učinaka pri učinkovitostima većim od 30% (Slika 4.219). Pri maksimalnom simuliranom trajanju adulticidnih tretmana, tretmani imaju negativan učinak u većem dijelu reproduktivne sezone (Slika 4.229). Negativan učinak postaje vrlo izražen u periodu od 175-240 dana u godini pri učinkovitostima većim od 20%.

Pregledom rezultata adulticidnih tretiranja za vrstu *Aedes vexans* po godinama, trajanjima i učinkovitostima tretiranja mogu se izdvoji tri karakteristična moguća ishoda tretiranja s obzirom na primijenjenu učinkovitost i vrijeme početka tretmana (Slika 4.231). U prvom slučaju (A) prikazan je rezultat simulacije tretiranja sa parametrima: godina simulacije: 2008, trajanje bloka adulticidnog tretiranja 1 dan i vrijeme početka tretmana - 150 dana u godini. Iz grafičkog prikaza vidljivo je da primijenjeni tretman pri svim učinkovitostima ima pozitivan učinak i dovodi do smanjenja relativnog opterećenja odraslim jedinkama a učinak smanjenja relativnog opterećenja odraslima s obzirom na primijenjenu učinkovitost je linearna (r = -0.999)

U drugom slučaju (B) prikazan je rezultat simulacije s parametrima: godina simulacije 2008., trajanje bloka adulticidnog tretmana 1 dan i vrijeme početka tretmana 240 dan. Iz prikaza je vidljivo da tretman primijenjen u ovo vrijeme uvijek ima negativan učinak i dovodi do povećanja relativnog opterećenja odraslima bez obzira na učinkovitost primijenjenog tretmana. Ovaj učinak također je linearan (r= 0.992)

U trećem slučaju (C) prikazan je rezultat simulacije s parametrima: godina simulacije 2007., trajanje bloka adulticidnog tretmana 3 dana s početkom tretmana 220 dan. Iz grafičkog prikazan vidljivo je da male učinkovitosti adulticinnog tretmana imaju pozitivan učinak i dovode do smanjenje godišnjeg opterećenja odraslima, no visoke učinkovitosti tretmana uzrokuju suprotan učinak i dovode do povećanja relativnog opterećenja odraslima. Ovaj tip učinka predstavlja primjer nelinearnog odgovora populacije na stres.



Slika 4.198. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2005. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 1 dan.



Slika 4.199 Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2006. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 1 dan.





Slika 4.200. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2007. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 1 dan.

Slika 4.201. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2008. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 1 dan.



Slika 4.202. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2009. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 1 dan.



Slika 4.203. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2010. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 1 dan.







Slika 4.205. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2012. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 1 dan.



Slika 4.206. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2013. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 1 dan.



Slika 4.207. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2014. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 1 dan.



Slika 4.208. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2015. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 1 dan.



Slika 4.209. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2005. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 5 dana.



Slika 4.210. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2006. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 5 dana.







Slika 4.212. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2008. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 5 dana.



Slika 4.213. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2009. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 5 dana.



Slika 4.214. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2010. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 5 dana.





Slika 4.215. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2011. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 5 dana.

Slika 4.216. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2012. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 5 dana.



Slika 4.217. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2013. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 5 dana.



Slika 4.218. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2014. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 5 dana.



Slika 4.219. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2015. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 5 dana.



Slika 4.220. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2005. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 15 dana.



Slika 4.221. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2006. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 15 dana.





Slika 4.222. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2007. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 15 dana.

Slika 4.223. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2008. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 15 dana.



Slika 4.224. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2009. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 15 dana.



Slika 4.225. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2010. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 15 dana.







Slika 4.227. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2012. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 15 dana.



Slika 4.228. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2013. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 15 dana.



Slika 4.229. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2014. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 15 dana.



Slika 4.230. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2015. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 15 dana.



Slika 4.231. Pregled karakterističnih ishoda rezultata adulticidnih tretiranja kod vrste Aedes vexans. A) primijenjeni adulticidni tretman pri svim primijenjenim učinkovitostima dovodi do smanjenja relativnog opterećenja odraslim jedinkama (2008. godina – trajanje bloka 1 dana, početak tretmana 150 dan), B) Primijenjeni tretman uvijek ima negativan učinak bez obzira na učinkovitost tretmana te dovodi do povećanja relativnog opterećenja odraslim jedinkama (2008. godina – trajanje bloka 1 dan, početak tretmana 240 dan), C) Slučaj inverzne hormeze kada tretman pri malim učinkovitostima dovodi do pozitivnog učinka i smanjenja relativnog opterećenja odraslima, no pri velikim učinkovitostima adulticidnog tretmana, tretman ima negativan učinak i dovodi do povećanja relativnog opterećenja odraslima (2007. godina – trajanje bloka 3 dana, početak tretmana 220 dan).

## 4.6.2. Simulacije larvicidnih tretiranja na vrsti Aedes vexans

Rezultati simulacija larvicidnih tretiranja u 2005. godini pokazuju da male učinkovitosti larvicidnih tretmana dovode do suprotnog učinka odnosno povećanja relativnog opterećenja ličinkama (Slika 4.232). Larvicidni tretman sa učinkovitošću većom od 20% dovodi do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama, ali ne u svim vremenskim intervalima. U pojedinim vremenskim odsječcima javlja se negativan učinak. Produljenje trajanja bloka larvicidnog tretmana povećava učinak smanjenja relativnog opterećenja ličinkama kao i anulira negativni učinak koji se javlja pri vrlo malim učinkovitostima larvicidnog tretmana (1%-50%); ovaj učinak posebice je uočljiv pri trajanju tretmana od 15 dana (Slika 4.243 i Slika 4.254). No, iako ličinački tretmani duljeg trajanja dovode do znatnog smanjenja relativnog godišnjeg opterećenja ličinkama, istovremeno dovode do povećanja relativnog opterećenja odraslima, posebice larvicidni tretmani u drugom dijelu reproduktivne sezone.

Simulacije larvicidnih tretmana u 2006. godini za trajanje bloka od 1 dan pokazuju da male učinkovitosti larvicidnog tretmana od 1% do 10% uvijek dovođe do povećanja relativnog opterećenja ličinkama (Slika 4.233), dok se pri većim učinkovitostima postiže smanjenje relativnog opterećenja ličinkama (Slika 4.244 i Slika 4.255). Ovaj učinak smanjenja relativnog opterećenja ličinkama posebice je izražen ukoliko je larvicidni tretman napravljen u periodu od 100 do 140 dana u godini (10. travanj do 20. svibanj). Larvicidni tretman izveden u ovom razdoblju ima i najveći učinak na smanjenja relativnog opterećenja odraslima. Produljenje trajanja larvicidnog tretmana smanjuje negativan učinak koji se javlja pri malim učinkovitostima te dovodi do znatnijeg smanjenja relativnog opterećenja ličinkama. Produljenjem trajanja larvicidnog tretmana smanjuje se vremenski odsječak u kojem tretman inducira negativni učinak. Međutim, larvicidni tretmani izvedeni u pojedinim vremenskim odsječcima tijekom 2010. dovode do znatnog porasta opterećenja odraslim jedinkama. U 2010. godini najbolje učinkovitosti u smanjenju broja ličinki i odraslih jedinki postižu se ranim larvicidnim tretiranjima dužeg trajanja (travanj i svibanj).

Larvicidna tretiranja u 2007. godini imaju vrlo intenzivne negativne učinke bez obzira na vrijeme početka tretmana. Rezultati simulacije za trajanje bloka od jednog dana pokazuju da tretman bez obzira na vrijeme početka dovodi do negativnog učinka čak i pri velikoj primijenjenoj učinkovitosti; tek s učinkovitostima većim od 60% postiže se manji učinak smanjenja relativnog opterećenja ličinkama

(Slika 4.234). Produljenjem trajanja larvicidnih tretmana smanjuje se negativan učinak tretmana (Slika 4.245), međutim pri vrlo malim učinkovitostima tretmana (1%-20%) čak i pri 15 dana trajanja tretmana zamjetan je negativni učinak i povećanje relativnog opterećenja ličinkama (Slika 4.256). Kraći larvicidni tretman iako ima negativan učinak na brojnost ličinki, dovodi do malih smanjenja u relativnom opterećenju odraslih, no produljenjem trajanja larvicidnih tretmana negativan učinak u smislu povećanja relativnog opterećenja odraslima postaje uočljiviji. Pri 15 dana trajanja larvicidnih tretmana, pri malim učinkovitostima tretmana relativno opterećenje odraslima se smanjuje (0%-10% smanjenja), a pri većim učinkovitostima tretmana zamjećuje se izrazito negativan učinak na brojnost odraslih jedinki pri svim vremenima primjene larvicidnog tretmana.

Larvicidni tretmani tijekom 2008. nisu uzrokovali tako negativne učinke kao u 2007. godini. Rezultati simulacije za trajanje bloka od jednog dana pokazuju da rani larvicidni tretmani izvedeni od 90 do 175 dana u godini (ožujak, travanj, svibanj i veći dio lipnja) dovode do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama, osim pri vrlo malim učinkovitostima tretmana gdje se zamjećuje negativan učinak i blago povećanje relativnog opterećenja ličinkama (Slika 4.235). Međutim, larvicidni tretman izveden u ovom razdoblju ima pozitivan učinak na smanjenje relativnog opterećenja odraslima. Produljenje trajanja larvicidnih tretmana dovodi do povećanja pozitivnih učinaka u smislu smanjenja relativnog opterećenja ličinkama (Slika 4.246 i Slika 4.257), no taj pozitivan učinak smanjenja nije praćen i smanjenje relativnog opterećenja u odraslom stadiju. Larvicidni tretman kratkog trajanja do 3 dana i pri učinkovitostima larvicidnog tretmana od 1% do 60% dovodi do smanjenja relativnog opterećenja odraslima, no pri duljim trajanjima već pri učinkovitostima tretmana većim od 20% dolazi do negativnog učinka i povećanja relativnog opterećenja odraslima. Optimalan učinak u 2008 godini postiže se primjenom larvicidnog tretmana u razdoblju od 125. do 150 dana u godini (svibanj), buduću de se u tom periodu bez obzira na učinkovitost i trajanje tretmana postiže smanjenje ukupnog godišnjeg opterećenja odraslima. Drugi optimalni periodi za larvicidni tretman u 2008. su od 210. do 220. i 240. do 260. dana u godini (29. srpanj do 8. kolovoz; 28. kolovoz do 17. rujan), budući da larvicidni tretmani primijenjeni u tom intervalu, bez obzira na učinkovitost i trajanje dovode do smanjenja relativnog opterećenja odraslima. Međutim, posljednji period optimalnog larvicidnog tretmana (rujan) vjerojatno nije financijski isplativ budući da se radi o periodu pred sam kraj reproduktivne sezone.

Rezultati simulacija larvicidnih tretmana u 2009. godini pokazuju da su larvicidni tretmani u gotovo svim vremenskim periodima, pri svim trajanjima i pri svim primijenjenim učinkovitostima doveli do pozitivnih učinaka, odnosno do smanjenja relativnog godišnjeg opterećenja ličinkama. Postoje vrlo kratak period oko 210. dana u godini kada tretman dovodi do negativnog učinka. No, pozitivni učinci larvicidnih tretmana u smislu smanjenja brojnosti, odnosno smanjenja relativnog opterećenja ličinkama nisu uvijek praćeni i smanjenjem relativnog opterećenja odraslima. Rani larvicidni tretmani izvedeni u razdoblju od 90. – 125. dana u godini (travanj i sam početak svibnja) dovode do znatnog smanjenja u relativnom opterećenja odraslim jedinkama. Produljenjem trajanja tretmana (npr. 15 dana trajanja) i pri vrlo malim učinkovitostima tretmana postiže se znatno smanjenje brojnosti odraslih jedinki – učinkovitost tretmana od 20% dovodi do smanjenja relativnog opterećenja odraslima od 40%- 50%. U ostalim periodima godine larvicidni tretmani imaju dvojak učinak na brojnost odraslih jedinki, a ovaj negativan učinak se pojačava sa trajanjem larvicidnog tretmana. Tijekom 2009. godine nije zamijećen hormetički učinak larvicidnih tretmana, odnosno povećanje relativnog opterećenja ličinkama pri vrlo malim učinkovitostima larvicidnog tretmana.

Tijekom 2010. godine larvicidni tretmani imali su vrlo izražene negativne učinke bez obzira na vrijeme primjene larvicidnog tretmana. Jedan blok kratkog trajanja (1 dan) dovodi do povećanja relativnog opterećenja ličinkama u svim vremenima primjene tretmana i pri učinkovitostima od 1% do 60%. Produljenjem trajanja larvicidnog tretmana anulira se negativan učinak, te se pri učinkovitostima

od 10% i više postižu smanjenja relativnog opterećenja ličinkama, međutim, pri malim učinkovitostima negativan učinak tretmana i dalje je prisutan. Iako je učinak larvicidnih tretmana u 2010 godini uglavnom negativan u smislu povećanja brojnosti, odnosno relativnog opterećenja ličinkama, učinak nije ekvivalentno negativan i u odraslom stadiju, budući da postoje vremenska područja u kojim larvicidni tretman dovodi do smanjenja relativnog opterećenja odraslima. Larvicidni tretman primijenjen u periodu od 125. do 160. dana u godini (svibanj i prva polovica lipnja) dovodi do smanjenja u relativnom opterećenju odraslima, a tek se pri vrlo dugim trajanjima počinje se uočavati negativan učinak tretmana pri vrlo visokim učinkovitostima, vjerojatno zato što vremenski zadire u period kada tretiranje više nije optimalno.

Rezultati simulacija larvicidnog tretiranja u 2011. godini pokazuju da vrlo male učinkovitosti tretmana (1%-5%) kratkog trajanja dovode do negativnog učinka i blagih povećanja u relativnom opterećenju ličinkama bez obzira na vrijeme primjene larvicidnog tretmana. Povećanjem trajanja tretmana smanjuju se negativni učinci pri malim učinkovitostima tretmana, se te postižu znanija smanjenja u relativnom godišnjem opterećenju ličinkama. Pozitivan učinak larvicidnog tretmana nema uvijek pozitivan ishod na relativno opterećenje odraslima. Rani tretmani izvedeni tijekom 80. do 150 dana u godini (21. ožujak do 30. svibanj) dovode do smanjenja brojnosti, odnosno relativnog opterećenja ličinkama ali i smanjenja u relativnom godišnjem opterećenju odraslima. Ovaj učinak tretmana u ovom periodu povećava se povećanjem trajanja tretmana. Pri 15 dana uzastopnog tretiranja pri 10%-40% učinkovitosti tretmana postiže se smanjenje relativnog opterećenja odraslima za 40%-60%. Larvicidni tretmani izvedeni nakon 150. dana (nakon kraja svibnja) u godini mogu imati različit učinak na relativno opterećenje odraslima. U 2011. godini optimalni rezultati larvicidnih tretmana postižu se ranim tretiranjima.

Simulacije pokazuju da kao i većini prethodnih godina, male učinkovitosti larvicidnih tretmana (1% do 5%) pri kratkom trajanju tretmana dovođe do negativnih učinaka, odnosno povećanja relativnog opterećenja odraslima pri svim vremenima primjene tretmana. Povećanjem učinkovitosti postižu se smanjenja relativnog opterećenja ličinkama, osim u pojedinim, kratkim vremenskim intervalima. Produljenjem trajanja tretmana gube se negativni učinci malih učinkovitosti tretmana i povećanja broja ličinki. Pri maksimalnom simuliranom trajanju larvicidnog tretmana od 15 dana, tretman u svim vremenima primjene i pri svim učinkovitostima dovodi do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama. Iznimka je jedino kratak vremenski period oko 250 dana u godini (početak rujna). Pozitivni učinci larvicidnih tretmana, nisu ekvivalentno praćeni smanjenjem relativnog opterećenja odraslima, te se već pri kratkim trajanjima tretmana počinju uočavati negativni učinci. Produljenjem trajanja larvicidnih tretmana pojačavaju se negativni učinci larvicidnih tretmana te dolazi do porasta u relativnom opterećenju odraslima. Optimalni periodi za larvicidna tretiranja u 2012. su od 120. do 150. dana; 255 do 275 dana u godini (svibanj te druga polovica rujna), budući da larvicidni tretmani primijenjeni u tim periodima dovode do znatnijih smanjenja u relativnom opterećenju odraslima, a učinak smanjenja se povećava s trajanjem tretmana.

Rezultati simulacija larvicidnih tretmana u 2012. godini pokazuju da larvicidni tretmani kraćeg trajanja (do 5 dana) i male učinkovitosti dovode do negativnog učinak i povećanja relativnog opterećenja ličinkama bez obzira na vrijeme primjene tretmana. Povećanjem trajanja tretmana umanjuje se negativni učinak i povećava se učinak smanjenja relativnog opterećenja ličinkama. Kao u prethodnim godinama, pozitivan učinak smanjenja relativnog opterećenja ličinkama nije uvijek praćen i smanjenjem u relativnom opterećenju odraslima. Larvicidni tretman izveden u periodu od 100. do 125. dana u godini (travanj) dovodi do smanjenja u relativnom opterećenju odraslima, pri čemu se učinak smanjenja relativnog opterećenju odraslima. Drugi optimalni period za larvicidni tretman je od 150. do 165. dana u godini (prva polovica lipnja) kada larvicidni tretmani također dovodi do smanjenja u relativnom opterećenju odraslima. Tijekom drugog dijela reproduktivne sezone u 2013.

godini, larvicidni tretmani manje učinkovitosti (1% do 20%) dovode do manjih smanjenja u relativnom opterećenju odraslim jedinkama, dok se pri većim učinkovitostima počinje uočavati negativan učinak.

Rezultati simulacija larvicidnih tretiranja u 2013+4. godini pokazuju vrlo izražene negativne učinke larvicidnih tretmana na relativno godišnje opterećenje ličinkama. Kratka tretiranja (do 5 dana) uzastopce čak i pri visokim učinkovitostima dovode do znatnih povećanja u brojnosti, odnosno relativnog opterećenja ličinkama. Povećanje trajanja tretmana negativni učinci se umanjuju, ali čak i pri maksimalnom simuliranom trajanju tretiranja od 15 dan, učinkovitosti larvicidnih tretmana od 1% do 40% uzrokuju povećanja relativnog opterećenja ličinkama bez obzira na vrijeme primjene tretmana. Negativni učinci larvicidnih tretmana nisu uvijek prisutni i u odraslim stadiju, odnosno povećanje broja ličinki u određenim vremenskim intervalima dovodi do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama. Optimalan period larvicidnih tretmana u 2014. godini su od 140. do 160. dana u godini (20. svibnja do 9. lipnja) kada se postiže najbolji učinak. Tretmani izvedeni u ovom periodu, čak i kraćeg trajanja, postižu smanjenja u relativnom opterećenju ličinkama, a učinak smanjenja se pojačava s trajanjem larvicidnih tretmana. Osim ovog postoji još kraćih perioda u kojima larvicidni tretman daju pozitivan učinak na brojnost odraslih, ali u znano manjoj mjeri nego tretman u samom početku reproduktivne sezone.

Rezultati simulacija larvicidnih tretmana za 2015. godinu pokazuju da kao i u većini prethodnih godina, larvicidni tretmani kraćeg trajanja i male učinkovitosti dovode do hormetičkog učinka odnosno do povećanja relativnog opterećenja ličinkama bez obzira na vrijeme primjene tretmana. Povećanjem trajanja tretmana umanjuju se negativni učinci pri malim učinkovitostima, te se postižu znatnija smanjenja u relativnom opterećenju ličinkama tijekom gotovo cijel reproduktivne sezone. Pri maksimalnom simuliranom trajanju larvicidnog tretmana postižu se znatnija smanjenja u relativnom opterećenju ličinkama je negativan bez obzira na trajanje i učinkovitost u periodu oko 230. dana u godini i 260. dana u godini. Pozitivni učinci smanjenja relativnog opterećenja ličinkama nisu uvijek prisutni u odrasloj populaciji. Pri kraćim trajanjima larvicidnog tretmana i pri učinkovitostima od 1% do 20%. Povećanjem trajanja larvicidnog tretmana pojačavaju se negativni učinci tretmana pri većim učinkovitostima. Optimalno vrijeme za larvicidne tretmane u 2015. godini su od 125. do 150. dana u godini (svibanj) te od 235. do 260. dana u godini (kraj kolovoze i prvi dio rujna), budući da u tim periodima larvicidni tretman dovodi do znatnijih smanjenja u relativnom opterećenju odraslima, pri svi učinkovitostima i svim trajanjima tretmana.

Iz pregleda rezultata svih simulacija tretiranja u jedanaestogodišnjem razdoblju mogu se uočiti tri karakteristična ishoda larvicidnog tretmana na brojnost ličinki vrste Aedes vexans (Slika 4.265.). Ishod samog tretmana ovisni primarno o vremenu tretiranja a zatim i o učinkovitosti primijenjenog tretmana. U prvom slučaju prikazan je rezultat simulacije s parametrima: godina simulacija 2007., trajanje bloka larvicidnog tretmana 1 dan, početak tretmana 107 dan u godini. Iz krivulje je vidljivo da tretman uvijek ima pozitivan učinak te pri svim primijenjenim učinkovitostima dovodi do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama. Iz rezultata u jedanaestogodišnjem razdoblju razvidno je da je ovo relativno rijedak ishod. U drugom slučaju prikazan je rezultat simulacije sa parametrima: godina simulacije 2005.– trajanje jednog bloka tretiranja od 1 dan, početak tretmana 177 dan u godini. Iz grafičkog prikaza vidljivo je da tretman pri svim primijenjenim učinkovitostima dovodi do negativnog učinka i povećanja relativnog opterećenja ličinkama. U jedanaestogodišnjem razdoblju za koje su rađene simulacije ovo je relativno čest ishod. U trećem slučaju prikazan je najčešći ishod larvicidnog tretmana. Na grafičkom prikazu prikazan je rezultat simulacije sa parametrima: godina simulacije 2005., trajanje bloka tretiranja 1 dan, početak tretmana 154 dan u godini. Iz grafičkog prikaza može se uočiti pojava hormetičkog učinka - tretman pri malim učinkovitostima dovodi do negativnog učinka, odnosno povećanja brojnosti populacije ličinki, no pri velikim učinkovitostima larvicidnog tretmana, tretman ima pozitivan učinak i dovodi do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama.



Slika 4.232. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2005. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 1 dana.



Slika 4.233. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2006. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 1 dana.







Slika 4.235. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2008. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 1 dana.



Slika 4.236. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2009. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 1 dana.



Slika 4.237. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2010. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 1 dana.





Slika 4.238. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2011. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 1 dana.

Slika 4.239. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2012. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 1 dana.



Slika 4.240. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2013. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 1 dana.



Slika 4.241. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2014. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 1 dana.











Slika 4.244. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2006. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 5 dana.



Slika 4.245. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2007. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 5 dana.





Slika 4.246. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2008. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 5 dana.

Slika 4.247. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2009. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 5 dana.



Slika 4.248. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2010. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 5 dana.



Slika 4.249. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2011. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 5 dana.





Slika 4.250. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2012. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 5 dana.

Slika 4.251. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2013. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 5 dana.

150

200 dan početka tretmana / [ 2013. ]

250

300

350

50

100



Slika 4.252. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2014. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 5 dana.



Slika 4.253. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2015. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 5 dana.





Slika 4.254. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2005. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 15 dana.

Slika 4.255. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2006. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 15 dana.



Slika 4.256. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2007. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 15 dana.



Slika 4.257. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2008. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 15 dana.





Slika 4.258. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2009. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 15 dana.

Slika 4.259. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2010. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 15 dana.



Slika 4.260. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2011. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 15 dana.



Slika 4.261. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2012. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 15 dana.





Slika 4.262. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2013. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 15 dana.

Slika 4.263. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2014. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 15 dana.



Slika 4.264. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Aedes vexans u 2015. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 15 dana.



Slika 4.265. Pregled karakterističnih ishoda rezultata larvicidnih tretiranja kod vrste Aedes vexans. A) primijenjeni larvicidni tretman pri svim primijenjenim učinkovitostima dovodi do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama (2007. godina – trajanje bloka 1 dana, početak tretmana 1070 dan), B) Primijenjeni larvicidni tretman uvijek ima negativan učinak bez obzira na učinkovitost tretmana te dovodi do povećanja relativnog opterećenja ličinkama (2005. godina – trajanje bloka 1 dan, početak tretmana 177 dan), C) Slučaj hormetičkog učinka kada tretman pri malim učinkovitostima dovodi do negativnog učinka, odnosno povećanja brojnosti populacije ličinki, no pri velikim učinkovitostima larvicidnog tretmana, tretman ima pozitivan učinak i dovodi do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama (2005. godina – trajanje bloka 1 dana, početak tretmana 154 dan).

## 4.6.3. Simulacije adulticidnih tretiranja na vrsti Culex pipiens

Na vrsti *Culex pipiens* simulirani su utjecaji adulticidnih i larvicidnih tretiranja različite učinkovitosti, različitog trajanja i različitog vremena početka tretmana. Blok tretiranja može trajati od 1 do 15 dana. U simulacijama su upotrjebljene učinkovitosti od 0% (kontrola), 1%, 5%, 10%, 20%, 50%, 90, i 100%. Učinkovitost podrazumijeva postotak smanjenja ukupne populacije razvojnog stadija za koje se simulacija izvodi. Tretman može započeti od 1 dana u godini (1. siječanj) do 365 dan-trajanje tretmana. Jedna simulacija sa parametrima npr. trajanje bloka 3 dana s učinkovitosti od 20% i početkom tretmana 150 dan, podrazumijeva da je tri dana uzastopce ukupna populacija odraslih ili ličinki svaki dan tretmana umanjena za 20% a prvi tretman odrađen je 150 dan i traje do 153 dana. Objašnjenje grafičkih prikaza jednako je kao i za vrstu *Aedes vexans* (pogledati stranicu 239).

Rezultati simulacija adulticidnih tretmana na vrsti *Culex pipiens* u 2005. godini pokazuju da su adulticidni tretmani kraćeg trajanja rezultirali uglavnom pozitivnim učinkom, te da je pri učinkovitostima od 1% do 40% došlo do smanjenja relativnog godišnjeg opterećenja odraslima. Povećanjem trajanja tretmana, već na 3 dana uočavaju se negativni učinci adulticidnih tretmana pri većim primijenjenim učinkovitostima. Negativni učinak javlja se kada se tretman primjenjuje kada je populacija odraslih jedinki blizu svog minimuma. Povećanjem trajanja adulticidnog tretmana pojačavaju se negativni učinka počinje javljati i pri manjim učinkovitostima adulticidnog tretmana. Adulticidni tretmani u 2005. godini dovode i do smanjenja relativnog ukupnog opterećenja ličinkama pri gotovo svim učinkovitostima i trajanjima adulticidnih tretmana. Iznimka je jednino područje negativnog učinka koji se javlja ukoliko se adulticidni tretmana primjenjuje oko 225. dana u godini i samo pri učinkovitostima tretmana većim od 60%.

Simulacije adulticidnih tretiranja u 2006. godini pokazuju da je tretman u jednom bloku trajanja doveo do smanjenja relativnog godišnjeg opterećenja odraslima, pri gotovo svim primijenjenim učinkovitostima i svim trajanjima tretmana. Iznimka su jedino tretmani primijenjeni oko 215. dana u godini kada se može zamijetiti negativan učinak tretmana koji dovodi do povećanja relativnog opterećenja odraslima, no samo pri vrlo velikim učinkovitostima tretmana (većim od 40%) a učinak se pojačava povećanjem trajanja tretmana. Adulticidni tretmani u 2006. godini u jednom bloku pri svim trajanjima i svim primjenjivim učinkovitostima dovođe do smanjenje relativnog opterećenja ličinkama. Može se primijetiti da iako je broj ličinki u tijekom cijele godine smanjen, pojavljuje se negativan učinak u brojnosti odraslih jedinki.

Simulacije adulticidnih tretmana u 2007. pokazuju pozitivne učinke tretiranja pri svim primijenjenim učinkovitostima i svim vremenima primjene tretmana, povećanjem trajanja tretmana ne dolazi do značajnijih negativnih učinaka u smislu povećanja brojnosti odraslih jedinki. Također, adulticidni tretmani bez obzira na vrijeme primjene i učinkovitost u 2007. godini dovode do smanjenja relativnog godišnjeg opterećenja ličinkama.

Simulacije adulticidnih tretmana u jednom bloku za 2008. godinu pokazuju bitno različite rezultate u odnosu na prethodne godine. Rezultati adulticidnih tretmana uglavnom daju negativan učinak na relativno opterećenja odraslima ali i ličinkama. Adulticidni tretmani kraćeg trajanja (do 5 dana) rezultiraju povećanjima relativnog opterećenja odraslima. Pozitivan učinak tretmana javlja se samo u periodima kada je tretmana primijenjen u trenutcima kada je populacija odraslih jedinki blizu svog minimuma. Povećanjem trajanja tretmana pojačavaju se i pozitivni i negativni učinci tretmana. U 2008. godini tzv. zimski tretmana, odnosno tretmani dijapauzirajućih ženski pokazuju izrazito negativan učinak i dovode do povećanja relativnog opterećenja odraslim jedinkama. Adulticidni tretmani u 2008. godini uzrokuju i negativne učinke na brojnost ličinki, te dovode do povećanja relativnog opterećenja ličinkama. Povećanje trajanja adulticidnih tretmana dovodi do smanjenja negativnih učinaka na brojnost ličinki i povećanja pozitivnog učinka na smanjenje broj odraslih. Općenito, u 2008. godine bile su potrebne

učinkovitosti tretmana veće od 20% u periodima kada je ishod povoljan, kakao bi se izbjegli negativni učinci tretmana i izbjegle indukcije povećanja relativnog opterećenja odraslima.

Simulacije jednog bloka adulticidnih tretmana u 2009. godini pokazuju da tretmani kraćeg trajanja (do 5 dana) imaju uglavnom pozitivan učinak te dovode do smanjenja relativnog opterećenja odraslima. U pojedinim periodima primjene tretmana pri duljem trajanju i većim učinkovitostima tretmana počinje se pojavljivati negativan učinka i povećanje relativnog opterećenja odraslima. Negativni učinci javljaju se ako je tretman primijenjen oko 150., 175., 200. i 275. dna u godini ali samo ukoliko su učinkovitosti tretmana bile veće od 20%. Adulticidni tretmani u 2009. pri svim primijenjenim trajanjima , učinkovitostima i vremenima primjene dovode do pozitivnih učinaka na brojnost ličinki odnosno dovode do smanjenje relativnog godišnjeg opterećenja ličinkama.

Simulacije adulticidnih tretmana u 2010. godini, kao i u 2007. godini pokazuju pozitivne učinke pri svim primijenjenim trajanjima, pri svim učinkovitostima tretmana vremenu primjene. Adulticidni tretmani uvijek dovode i do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama.

Rezultati simulacija adulticidnih tretmana u 2011. godini pokazuju da adulticidni tretmani dovode uglavnom do pozitivnih učinaka pri realno očekivanim učinkovitostima tretmana. Adulticidni tretmani kraćeg trajanja izazivaju negativan učinak ukoliko su primijenjeni oko 210. i 240. dna u godini i ukoliko je učinkovitost bila veća od 40%. Povećanjem trajanja tretmana pojačavaju se negativni učinci tretmana u periodima u kojima je ishod negativan, te se povećanja relativnog opterećenja opažaju već pri učinkovitostima tretmana od 20%. Adulticidni tretmani u zimskom periodu (tretman dijapauzirajućih ženki) dovodi do povećanja relativnog opterećenja ličinkama. Kod ličinačkog stadija zamjetan je hormetički učinak ukoliko adulticidni tretman nije imao dovoljno veliku učinkovitost, međutim ta povećanja broja ličinki nisu praćena povećanjem broja odraslih. Povećanjem trajanja tretmana pojačavaju se pozitivni učinci tretmana na ličinke te dolazi do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama.

Adulticidna tretiranja u jednom bloku tijekom 2012. pokazuju pozitivne učinke pri svim trajanjima, primijenjenim učinkovitostima i vremenima primjene tretmana. Negativan učinak javlja se samo prvi maksimalnom simuliranom trajanju i pri učinkovitostima tretman većim od 70% ukoliko je tretman primijenjen oko 225. dana u godini. Adulticidni tretmani u jednom bloku tretiranja u 2012. godini uvijek dovođe do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama.

Rezultati simulacija adulticidnih tretmana u 2013. godini pokazuju rezultate gotovo identične kao i u prethodnoj godini, no uz još intenzivnija smanjena relativnog opterećenja odraslima i ličinkama. Negativan učinak javlja pri sitim uvjetima kao i u prethodnoj godini.

Simulacije adulticidnih tretmana u 2014. godini pokazuju pozitivne učinke pri svim primijenjenim trajanjima, pri svim učinkovitostima tretmana vremenu primjene. Adulticidni tretmani uvijek dovode i do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama.

Simulacije adulticidnih tretiranja za 2015. godinu u jednom bloku tretiranja pokazuju dvojake rezultate ovisno o vremenu primjene adulticidnog tretmana. Negativni učinci javljaju se kada je tretman primijenjen u periodima kada je populacija odraslih blizu svog minimuma, što je obrnuto od 2008. godine u kojima je ishod pozitivan jedino ako je tretman primijenjen u periodima kada je populacija blizu svog minimuma. U periodima kada je ishod tretiranja negativan zamjećuje ne inverzna hormeza, odnosno učinak je pozitivan pri malim učinkovitostima tretmana (manjim od 20%) a pri većim učinkovitostima tretmana dolazi do negativnog učinaka i povećanja relativnog opterećenja odraslima. Zimski adulticidni tretmani doveli su do povećanja brojnosti ličinki, no ta povećanja relativnog opterećenja ličinama nisu praćena porastom broja odraslih. Adulticidni tretmani kod stadija ličinke, ukoliko nisu dovoljno učinkoviti dovode do hormetičkog učinka, odnosno male učinkovitosti tretmana dovode do povećanja relativnog opterećenja ličinki se počinje smanjivati. Povećanjem trajanja adulticidnih tretmana pojačavaju se pozitivni ali i negativni učinci na

relativno opterećenje odraslima, no kod stadija ličinke povećanje trajanja tretmana povećava vjerojatnost pozitivnih ishoda, iako je učinak hormeze još uvijek prisutan.

Pregledom svih rezultata u jedanaestogodišnjem razdoblju mogu se uočiti četiri osnovna različita tipa ishoda adulticidnih tretiranja (Slika 4.288.). Adulticidni tretman može uvijek imati pozitivan ishod te dovesti do smanjenja relativnog opterećenja odraslima. Ovaj ishod vrlo je čest prilikom adulticidnih tretiranja, a njegova pojava ovisno o vremenu primjene tretmana. Na slici A) prikazana je simulacija sa parametrima: godina tretiranja - 2015., trajanje bloka 1 dan, početak tretmana 255, dan u godini. Vidljivo je da učinak smanjenja nije linearno ovisan o primijenjenoj učinkovitosti. Na dijelu slike B) prikazan je drugi tip ishoda tretiranja u kojem primijenjeni tretman bez obzira na učinkovitost tretmana ima negativan učinak te dovodi do povećanja relativnog opterećenja odraslima. Ovaj učinak javlja se u ovisnosti o vremenu primjene tretmana. Prikazana je simulacija sa parametrima: godina tretiranja: 2008., trajanje bloka 1 dan, početak tretmana 245 dan. Ovaj učinak povećanja relativnog opterećenja odraslima također nije linearno ovisan o primijenjenoj učinkovitosti tretmana. Treći slučaj inverzne hormeze u kojima tretman pri malim učinkovitostima dovodi do pozitivnog učinka i smanjenja relativnog opterećenja odraslima, no pri velikim učinkovitostima adulticidnog tretmana, tretman ima negativan učinak i dovodi do povećanja relativnog opterećenja odraslima. Prikazana je simulacija s parametrima: godina tretiranja: 2015., trajanje bloka 1 dan, početak tretmana 225. dan u godini. Kod vrste Culex pipiens prilikom adulticidnih tretiranja pojavljuje se i klasični hormetički učinak u kojem je pri malim učinkovitostima tretmana dolazi do suprotnog učinka od očekivanog, odnosno povećanja relativnog opterećenja odraslima. Povećanjem učinkovitosti tretman dolazi do promjene učinka, odnosno javlja se očekivani učinak - relativno opterećenje odraslima se smanjuje . Prikazana je simulacija sa parametrima: godina simulacije: 2015. godina, trajanje bloka 1 dan, početak tretmana 252. dan.







Slika 4.267. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2006. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 3 dana.





Slika 4.268. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2007. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 3 dana.

Slika 4.269. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2008. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 3 dana.



Slika 4.270. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2009. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 3 dana.



Slika 4.271. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2010. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 3 dana.





Slika 4.272. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2011. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 3 dana.

Slika 4.273. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2012. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 3 dana.





Slika 4.274. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2013. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 3 dana.







Slika 4.276. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2015. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 3 dana.

Slika 4.277. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2005. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 7 dana.



Slika 4.278. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2006. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 7 dana.



Slika 4.279. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2007. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 7 dana.





Slika 4.280. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2008. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 7 dana.

Slika 4.281. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2009. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 7 dana.







Slika 4.283. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2011. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 7 dana.





Slika 4.284. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2012. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 7 dana.

Slika 4.285. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2013. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 7 dana.



Slika 4.286. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2014. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 7 dana.



Slika 4.287. Simulacije adulticidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2015. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 7 dana.



Slika 4.288. Pregled karakterističnih ishoda rezultata adulticidnih tretiranja kod vrste Culex pipiens. A) primijenjeni adulticidni tretman pri svim primijenjenim učinkovitostima dovodi do smanjenja relativnog opterećenja odraslim jedinkama (2015. godina – trajanje bloka 1 dana, početak tretmana 255 dan), B) Primijenjeni tretman uvijek ima negativan učinak bez obzira na učinkovitost tretmana te dovodi do povećanja relativnog opterećenja odraslim jedinkama (2008. godina – trajanje bloka 1 dan, početak tretmana 255 dan), B) Primijenjeni tretman uvijek ima negativan učinak bez obzira na učinkovitost tretmana te dovodi do povećanja relativnog opterećenja odraslim jedinkama (2008. godina – trajanje bloka 1 dan, početak tretmana 245 dan), C) Slučaj inverzne hormeze kada tretman pri malim učinkovitostima dovodi do pozitivnog učinka i smanjenja relativnog opterećenja odraslima, no pri velikim učinkovitostima adulticidnog tretmana, tretman ima negativan učinak i dovodi do povećanja relativnog opterećenja odraslima (2015. godina – trajanje bloka 1 dana, početak tretmana 225 dan). D) Hormetički učinak tretiranja – učinak je negativan pri malim učinkovitostima tretmana pri čemu dolazi do povećanja relativnog opterećenja odraslima, postaje pozitivan, odnosno relativno opterećenje odraslima se smanjuje (2015. godina – trajanje bloka 1 dan, početak tretmana 252 dan).
### 4.6.4. Simulacije larvicidnih tretiranja na vrsti Culex pipiens

Simulacije larvicidnih tretiranja u 2005. godini pokazuju da larvicidni tretmani u realno očekivanim trajanjima i učinkovitostima dovode do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama, pri svim vremenima primjene larvicidnog tretmana. Pri kratkim trajanjima tretmanima (do 5 dana) učinak je pozitivan i dovodi do smanjenja broja ličinki, odnosno smanjenja relativnog opterećenja ličinkama. Negativan učinak javlja se samo pri tretmanu koji započinje oko 225. dana u godini pri učinkovitostima većim od 90%. Povećanje trajanja larvicidnog tretmana dovodi do povećanja smanjenja relativnog opterećenja ličinkama pri svim trajanjima i učinkovitostima tretmana. No, učinak smanjenja relativnog opterećenja ličinkama nije uvijek praćen i smanjenjem relativnog opterećenja odraslim jedinkama. Larvicidni tretmani kraćeg trajanja (do 5 dana) pri realno očekivanim učinkovitostima (do maks. 40%) imaju pozitivan učinak i dovode do smanjenja relativnog opterećenja odraslima, međutim pri većim učinkovitostima tretmana dolazi do povećanja relativnog opterećenja odraslima, a ovaj učinak se povećava s produljenjem trajanja tretmana. Optimalna učinkovitost u smislu smanjenja relativnog opterećenja odraslima postiže se larvicidnim tretmanima u periodama kada je populacija ličinki blizu svog minimuma.

Simulacije larvicidnih tretmana u 2006. godini u jednom bloku pokazuju da larvicidni tretmani pri svim učinkovitostima, pri svim simuliranim trajanjima i pri svim vremenima primjene dovode od smanjenja relativnog opterećenja ličinkama. Larvicidni tretmani u većoj mjeri dovode i do pozitivnih učinaka na smanjenje relativnog opterećenja odraslim jedinkama. Negativan učinak na odrasle jedinke javlja se samo prilikom primjene larvicidnog tretmana oko 220. dana u godini i taj negativan učinak povećava se s trajanjem tretmana ali samo prvi većim učinkovitostima tretmana (većim od 40%).

Simulacije larvicidnih tretmana u 2007. godini u jednom bloku pokazuju da larvicidni tretmani pri svim učinkovitostima, pri svim simuliranim trajanjima i pri svim vremenima primjene dovode od smanjenja relativnog opterećenja ličinkama i znatnih smanjenja u relativnom opterećenju odraslima.

Larvicidni tretmani u 2008. godini pokazuju različit rezultat u odnosu na prethodne godine. Larvicidni tretmani kraćeg trajanja i nedovoljne učinkovitosti dovode do izrazito negativnih učinaka te povećavaju relativna opterećenja ličinkama. Produljenjem trajanja larvicidnih tretmana ovaj učinak se umanjuje, no čak i pri maksimalnom simuliranom trajanju tretmana od 15 dana pri učinkovitostima tretmana manjim od 20% javlja se vrlo izražen hormetički učinak sa znatnim povećanjima relativnog opterećenja ličinkama. Svi ovi učinci mogu se vidjeti i na relativnom opterećenju odraslim jedninama. Larvicidni tretmani kraćeg trajanja i nedovoljne učinkovitosti dovode do znatnih povećanja relativnog opterećenja odraslima. Produljenjem trajanja larvicidnih tretmana smanjuju se negativni učinci na brojnost odrasle populacije, ali amo ako je učinkovitost tretmana veća od 20% inače je prisutan hormetički učinak.

Rezultati simulacija larvicidnih tretmana u 2009. godini pokazuju da larvicidni tretmani bez obzira na vrijeme primjene tretmana, bez obzira na primijenjenu učinkovitost i trajanje dovode do pozitivnih učinaka, odnosno smanjenja relativnog opterećenja ličinkama. Međutim, rezultati tretiranja nisu uvijek pozitivni ako promatramo brojnosti odraslih jedinki. Larvicidni tretmani visoke učinkovitosti (veće od 50%) ukoliko su primijenjeni u krivo vrijeme dovode do povećanja u relativnom opterećenju odraslima, a ovaj učinak se povećava s trajanjem tretmana. Međutim, može se zaključiti da se u realno očekivanim učinkovitostima tretmana u 2007. godini uvijek mogu očekivati pozitivni učinci larvicidnih tretmana.

Simulacije larvicidnih tretmana u 2010. godini u jednom bloku pokazuju da bez obzira na vrijeme primjene i bez obzira na primjenjuju učinkovitost larvicidni tretmani imaju pozitivan učinak te dovode do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama i vrlo intenzivnih smanjenja u relativnom opterećenju odraslima.

Simulacije larvicidnih tretiranja u 2011. godini pokazuju slične rezultate kao i u 2008. godini. Larvicidni tretmani kraćeg trajanja i nedovoljne učinkovitosti dovode do hormetičkog učinka, odnosno povećanja relativnog opterećenja ličinkama. Povećanjem trajanja larvicidnih tretmana povećavaju se pozitivni učinci te dolazi do znatnijih smanjenja relativnog opterećenja ličinkama, međutim čak i pri maksimalnom simuliranom trajanju tretmana od 15 dana hormetički učinak se javlja ukoliko je učinkovitost larvicidnog tretmana manja od 5%. Negativni učinci larvicidnih tretmana nisu tako intenzivni u odraslom stadiju. Povećanja brojnosti ličinki ne dovde nužno i do povećanja brojnosti odraslih. Larvicidni tretmani visoke učinkovitosti pokazuju negativan učinak na relativno opterećenje odraslima ukoliko je tretman primijenjen oko 201. i 240. dana u godini. Povećanjem trajanja larvicidnih tretmana povećavaju se i negativni učinci na relativno opterećenje odraslima, ali samo pri učinkovitostima većim od 20%.

Simulacije larvicidnih tretmana u 2012. godini u jednom bloku pokazuju da bez obzira na vrijeme primjene i bez obzira na primjenjuju učinkovitost larvicidni tretmani imaju pozitivan učinak te dovode do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama i smanjenja u relativnom opterećenju odraslima. Negativan učinak na relativno opterećenje odraslima javlja se samo ako je tretman primijenjen oko 225. dana u godini pri vrlo visokim učinkovitostima (veće od 60%) larvicidnog tretmana i duljem trajanju.

Simulacije larvicidnih tretmana u 2013. godini u jednom bloku pokazuju da bez obzira na vrijeme primjene i bez obzira na primjenjuju učinkovitost larvicidni tretmani imaju pozitivan učinak te dovode do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama i vrlo intenzivnih smanjenja u relativnom opterećenju odraslima. Negativan učinak na relativno opterećenje odraslima javlja se samo ako je tretman primijenjen oko 220. dana u godini pri vrlo visokim učinkovitostima (veće od 40%) larvicidnog tretmana i duljem trajanju larvicidnog tretmana (većem od 7 dana).

Simulacije larvicidnih tretmana u 2014. godini u jednom bloku pokazuju da bez obzira na vrijeme primjene i bez obzira na primjenjuju učinkovitost larvicidni tretmani imaju pozitivan učinak te dovode do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama i vrlo intenzivnih smanjenja u relativnom opterećenju odraslima.

Rezultati simulacija larvicidnih tretmana za 2015. godinu pokazuju da larvicidni tretmani kraćeg trajanja i nedovoljne učinkovitosti dovode do intenzivnog hormetičkog učinka, odnosno znatnih povećanja relativnog opterećenja ličinkama. Produljenjem trajanja larvicidnih tretmana povećavaju se pozitivni učinci te dolazi do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama, no samo ukoliko je učinkovitost tretmana veća od 10%, inače je prisutan hormetički učinak. Negativni učini u smislu povećanja relativnog opterećenja ličinkama, nisu nužno praćeni i povećanjem u relativnom opterećenju odraslima. Larvicidni tretmani kraćeg trajanja i male učinkovitosti iako dovode do hormetičkog učinka u ličinačkom stadiju, imaju pozitivan rezultat na smanjene relativnog opterećenja odraslima. Negativni učinci u brojnosti odraslih prisutni su samo kod vrlo visoke učinkovitosti larvicidnih tretmana. Povećanje trajanja larvicidnih tretmana dovodi do povećanja negativnih učinka kod odraslih i pri manjim učinkovitostima tretmana.

Pregledom rezultata larvicidnih tretiranja u jedanaestogodišnjem razdoblju mogu se izdvojiti tri karakteristična ishoda rezultata larvicidnih tretiranja kod vrste *Culex pipiens* ukoliko promatramo rezultat s obzirom na ličinački stadij (Slika 4.311). Primijenjeni larvicidni tretman može imati uvijek pozitivan učinak, kada pri svim primijenjenim učinkovitostima dovodi do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama (A) 2015. godina – trajanje bloka 3 dana, početak tretmana 120 dan. Larvicidni tretman može imati i negativan učinak na relativno opterećenje ličinkama u slučajevima kada primijenjeni tretman bez obzira na učinkovitost tretmana te dovodi do povećanja relativnog opterećenja ličinkama B) 2015. godina – trajanje bloka 3 dana, početak tretmana 225 dan. Kod larvicidnih tretiranja na vrsti *Culex pipiens* vrlo čest je hormetički učinak tretiranja koji se javlja pri nedovoljnim učinkovitostima tretmana – male učinkovitosti dovode do povećanja relativnog opterećenja ličinkama C) 2015. godina – trajanje bloka 3 dana, početak tretmana 255 dan.



Slika 4.289. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2005. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 3 dana.



Slika 4.290. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2006. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 3 dana.





Slika 4.291. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2007. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 3 dana.

Slika 4.292. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2008. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 3 dana.





Slika 4.294. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2010. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 3 dana.







Slika 4.296. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2012. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 3 dana.



Slika 4.297. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2013. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 3 dana.



Slika 4.298. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2014. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 3 dana.





Slika 4.299. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2015. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 3 dana.

Slika 4.300. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2005. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 7 dana.



Slika 4.301. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2006. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 7 dana.



Slika 4.302. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2007. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 7 dana.





Slika 4.303. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2008. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 7 dana.

Slika 4.304. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2009. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 7 dana.



Slika 4.305. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2010. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 7 dana.



Slika 4.306. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2011. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 7 dana.





Slika 4.307. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2012. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 7 dana.

Slika 4.308. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2013. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 7 dana.



Slika 4.309. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2014. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 7 dana.



Slika 4.310. Simulacije larvicidnih tretmana za vrstu Culex pipiens u 2015. godini u jednom bloku tretiranja s trajanjem bloka od 7 dana.



Slika 4.311. Pregled karakterističnih ishoda rezultata larvicidnih tretiranja kod vrste Culex pipiens. A) primijenjeni larvicidni tretman pri svim primijenjenim učinkovitostima dovodi do smanjenja relativnog opterećenja ličinkama (2015. godina – trajanje bloka 3 dana, početak tretmana 120 dan), B) Primijenjeni tretman uvijek ima negativan učinak bez obzira na učinkovitost tretmana te dovodi do povećanja relativnog opterećenja ličinkama (2015. godina – trajanje bloka 3 dana, početak tretmana 2250 dan), C) Hormetički učinak tretiranja – učinak je negativan pri malim učinkovitostima tretmana pri čemu dolazi do povećanja relativnog opterećenje ličinkovitosti učinak postaje pozitivan, odnosno relativno opterećenje ličinkama se smanjuje (2015. godina – trajanje bloka 3 dana, početak tretmana 255 dan).

# 4.7. Simulacije dva bloka tretiranja

Simulacije dva bloka tretiranja podrazumijevaju da se tijekom godine obavljaju samo dva tretmana ali oni mogu biti različitog trajanja, udaljenosti, vremena početka te učinkovitosti. Simulirane su 4 osnovne kombinacije tretmana: *adu\_adu* (oba primijenjena tretmana adulticidna), *adu\_lar* (1. tretman adulticidni, 2. tretman larvicidni), *lar\_adu* (1. tretman larvicidni, 2. tretman adulticidna). Definirano je 5 različitih mogućih trajanja tretmana od 1, 2, 3, 5 i 7 dana i 11 mogućih udaljenosti između tretmana od 0, 1, 2, 3, 5, 7, 14, 21, 28, 35, 50 dana. Simulirane su učinkovitosti tretmana od: 0,1%, 0.5%, 5%, 20%, 50% i 100%.

Simulacije su napravljene za obje vrste komaraca – Aedes vexans i Culex pipiens (model s konstantnim kapacitetom okoliša) za svih jedanaest godina (2005. – 2015.). Prilikom analize rezultata simulacija definirano je 7 mogućih ishoda tretmana na temelju procjene relativnog opterećenja odraslima:

- 1.  $\theta$  = tretmani bez učinka (±5% promjene u relativnom opterećenju odraslom populacijom u odnosu na normalno opterećenje za danu godinu)
- 2. S = uspješni tretmani uz malo smanjenje brojnosti odrasle populacije (-5% do -10% smanjenja u relativnom opterećenju odraslima u odnosu na normalno opterećenje za danu godinu)
- 3. SS = uspješni tretmani uz smanjenje brojnosti odrasle populacije (-10% do -30% smanjenja u relativnom opterećenju odraslima u odnosu na normalno opterećenje za danu godinu)
- 4. *SSS* = uspješni tretmani uz veliko smanjenje brojnosti odrasle populacije (>30% smanjenja u relativnom opterećenju odraslima u odnosu na normalno opterećenje za danu godinu)
- 5. P = tretman s negativnim učinkom uz malo povećanje brojnosti odrasle populacije (5% do 10% povećanja u relativnom opterećenju odraslima u odnosu na normalno opterećenje za danu godinu)
- 6. **PP** = tretman s negativnim učinkom uz povećanje brojnosti odrasle populacije (10% do 30% povećanja u relativnom opterećenju odraslima u odnosu na normalno opterećenje za danu godinu)
- 7. **PPP** = tretman s negativnim učinkom uz veliko povećanje brojnosti odrasle populacije (>30% povećanja u relativnom opterećenju odraslima u odnosu na normalno opterećenje za danu godinu)

## 4.7.1. Simulacije dva bloka tretiranja na vrsti Aedes vexans

Pregled i analiza rezultata svih kombinacija simulacija u dva bloka tretiranja kroz jedanaestogodišnje razdoblje pokazuju da je maksimalan mogući efekt bilo u smanjenju ili povećanju brojnosti odrasle populacije različit po godinama i za pojedine kombinacije tretiranja (Tablica 3.38). Kombinacijom tretiranja u kojoj su oba tretmana adulticidna (*adu\_adu*) postižu se manja maksimalna smanjenja ali i povećanja brojnosti odraslih jedinki. Najveće smanjenje u brojnosti odrasle populacije postignuto je u 2005. sa 42.38% smanjenja u broju odraslih, a najveći negativan učinak postignut je u 2007. godini sa 36.98% povećanja u brojnosti odraslih. U kombinacijama tretiranja u kojem je prvi tretman adulticidni a slijedi ga larvicidni (*adu\_lar*) postignuta su puno veća smanjenja ali i povećanja brojnosti odraslih, dok je najveći negativan učinak i povećanje broja odraslih zabilježeno u 2005. godini (68.40% povećanja u broju odraslih). Kombinacija tretmana u kojima je prvi primijenjeni tretman larvicidan a slijedi ga adulticidni tretman (*lar\_adu*), maksimalno smanjenje u brojnosti odraslih postignuto je u 2007. sa smanjenjem od 72.25%. Najveći negativan učinak ove kombinacija tretiranja postignut je u 2005. godini sa 58.52% povećanja brojnosti odraslih. Kombinacija

dvaju larvicidnih tretiranja (*lar\_lar*) ima potencijal izazivanja vrlo jakih negativnih učinaka. Maksimalni pozitivni učinak (smanjenje brojnosti odrasle populacije) postignuto je u 2007. godini sa smanjenjem odrasle populacije od čak 98.66%, dok je najveći negativan učinak, povećanje brojnosti odrasle populacije, postignut u 2005. godini sa čak 85.55% povećanja broja odraslih.

Ukoliko bi promatrali ishode maksimalno mogućeg povećanja i maksimalno mogućeg smanjenja, uočava se da kombinacija *adu\_adu* u najmanjoj mjeri ima potencijal izazivanja vrlo intenzivnih negativnih učinaka tretiranja, no i maksimalno moguće smanjenje broja odraslih je manje (srednje vrijednost smanjenja u jedanaestogodišnjem razdoblju je 28.3%, a povećanja 27.7%). Općenito, promatrano kroz jedanaestogodišnji period kombinacije dvaju larvicidnih tretiranja ili tretmana u kojima je prvi tretman larvicidni imaju veći potencijal u ostvarivanju izrazito negativnih učinaka. Maksimalno moguća (potencijalna) smanjenja u broju odraslih veća su prilikom larvicidnih tretiranja, ali su ona "opasnija", u smislu mogućnosti izazivanja izrazito negativnih učinaka u slučaju nepravilnih tretiranja. Navedeni rezultati pokazuju da je nemoguće postići jednak maksimalan učinak u svim godinama, te postoje godine u kojima loše odrađeni tretmani imaju potencijalno znatno jači negativan učinak pa je i samo provođenje tretmana u tim godinama "opasnije".

Tablica 4.38. Postotak maksimalno postignutog smanjenja (maks. S) i maksimalnog postignutog povećanja (maks. P) u opterećenju odraslom populacijom vrste Aedes vexans po godinama za pojedine simulacije kombinacija tretmana (adu\_adu = 1. i 2. tretman adulticidni; adu\_lar = 1. tretman adulticidni 2. tretman larvicidni; lar\_adu = 1. tretman larvicidni 2. tretman adulticidni; lar\_lar = 1. i 2. tretman larvicidni.

ao din a	adu_adu		adu	adu_lar		adu	lar	lar
goaina	maks. S	maks P.						
2005	42.28	36.21	39.92	68.40	39.87	58.52	57.67	80.55
2006	36.63	23.85	51.49	65.49	55.44	39.63	63.84	65.87
2007	19.68	36.98	95.60	54.98	72.25	40.59	98.66	63.17
2008	21.55	24.83	19.56	39.33	18.23	43.33	22.76	46.59
2009	22.40	33.01	22.08	57.19	25.05	37.72	28.31	61.85
2010	24.68	28.04	35.76	35.51	30.08	27.84	33.31	47.56
2011	35.30	23.61	35.31	57.82	28.23	37.67	40.06	74.93
2012	18.99	23.14	22.27	54.52	15.90	30.61	29.94	59.89
2013	29.94	29.02	31.85	52.30	39.47	42.66	42.34	77.31
2014	39.67	22.45	43.34	36.14	43.63	30.00	60.73	58.26
2015	20.38	24.16	20.81	45.44	23.98	32.33	32.26	56.61

Na temelju prethodno definiranih mogućih ishoda tretmana za dva bloka tretiranja za jedanaestogodišnje razdoblje izračunate su vjerojatnosti pojedinih ishoda (Tablica 4.39). Iz analize je vidljivo da čak 83.8% od svih testiranih kombinacija tretiranja tijekom jedanaestogodišnjeg razdoblja rezultira ishodom u kojem primijenjeni tretmani nemaju učinak. Ukupno 9.68% od svih simuliranih tretmana rezultira smanjenjem brojnosti odrasle populacije, od čega se 5.74% tretmana može smatrati malim smanjenjem brojnosti (*S*), 3.59% tretmana rezultira smanjenjem brojnosti odrasle populacije brojnosti odrasle populacije. Ukupno 6.48% simuliranih tretmana rezultiralo je negativnim učinkom, odnosno tretmani su doveli do povećanja brojnosti odrasle populacije, 2.33% dovodi do povećanja brojnosti odraslih a samo 0.07% simuliranih tretmana rezultiralo je vrlo velikim povećanjem brojnosti odrasle populacije.

mogući ishod	broj pozitivnih ishoda	ukupan broj ishoda	vjerojatnost ishoda [%]
SSS	13,587	3,845,952	0.35
SS	138,148	3,845,952	3.59
S	220,759	3,845,952	5.74
0	3,224,069	3,845,952	83.83
Р	157,182	3,845,952	4.09
PP	89,429	3,845,952	2.33
PPP	2,778	3,845,952	0.07

Tablica 4.39. Mogući ishodi i vjerojatnosti pojedinih ishoda izračunati na temelju svih simuliranih kombinacija tretmana u jedanaestogodišnjem razdoblju.

Dubinsko istraživanje podatka simulacija tretiranja za vrstu *Aedes vexans* pokazuje da je moguće definirati asocijativna pravila vezano uz ishode *S*, *SS*, *S* te *P*, i *PP* (*min. podrška* =0.001, *min. pozdanost* =0.50). Pronađena asocijativna pravila dubinskog istraživanja podataka povezana s ishodom razina opterećenja = *S* prikazani su Tablici 4.40 i na Slici 4.378. Dubinskim istraživanjima (*parametri: support*=0.001, *confidence*=0.5) pronađeno je ukupno 1359 pravila (57-jedan uvjet; 433 pravila-dva uvjeta, 840 pravila-tri uvjeta i 29 pravila – četiri uvjeta).



Slika 4.312. Rezultat dubinskog pretraživanja podataka dva bloka tretiranja za vrstu Aedes vexans. Pronađena su asocijativna pravila povezana s ishodima: razina opterećenja = S (malo smanjenje odrasle populacije, 5-10%); razina opterećenja = SS (smanjenje brojnosti odrasle populacije 10-30%); razina opterećenja = SSS (veliko smanjenje brojnosti odrasle populacije; razina opterećenja = (malo povećanje brojnosti odrasle populacije, 5-10%); razina opterećenja = PP (povećanje brojnosti odrasle populacije, 10-30%). Algoritam ne nalazi uzorke vezane uz razinu opterećenja = PPP (veliko povećanje brojnosti odrasle populacije, veće od 30%)

Analiza pronađenih asocijativnih pravila pokazuje da početak 1. tretmana 280., 285. i 290. dana u godini bez obzira na sve ostale parametre tretiranja dovodi do malog smanjenja brojnosti odrasle populacije (vjerojatnost veća od 80%). Pregledom ostalih asocijativnih pravila koja sadržavaju jedan

uvjet može se zaključiti da tretmani primijenjeni kasnije tijekom reproduktivne sezone (od 250. dana u godini) dovode do malog smanjenja odrasle populacije, odnosno smanjenja od 5-10%. Vjerojatnosti ovog pravila veće su od 60%. Vidljivo je i da tretmani u 2010. godini pokazuju veliku vjerojatnost uspješnosti, odnosno ishod malog smanjenja brojnosti odrasle populacije (59%). Pregledom pravila sa dva uvjeta također se uočava da kasniji tretmani, sa svim primijenjenim učinkovitostima dovode od malog smanjenja populacije odraslih jedinki.

Tablica 4.40. Pravila povezana s ishodom razine opterećenja = S (smanjenje brojnosti odrasle populacije za 5-10%). Pravila su analizirana sa parametrima: support =0.001, confidence =0.50. Ukupno je pronađeno 1359 pravila, a u tablici su prikazana sva pravila sa jednim uvjetom te pravila sa 2 uvjeta i vjerojatnosti većom od 80%.

	lhs		rhs	podrška	pouzdanost	<i>K.I</i> .	n(lhs)
[1]	{beg_1_tret=290}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.902	2.541	1
[2]	{beg_1_tret=280}	=>	<b>{S}</b>	0.005	0.856	2.411	1
[3]	{beg_1_tret=285}	=>	<b>{S}</b>	0.003	0.842	2.371	1
[4]	{beg_2_tret=289}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.779	2.194	1
[5]	{beg_2_tret=281}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.763	2.150	1
[6]	{beg_2_tret=284}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.754	2.125	1
[7]	{beg_2_tret=288}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.749	2.109	1
[8]	{beg_2_tret=283}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.745	2.100	1
[9]	{beg_1_tret=275}	=>	<b>{S}</b>	0.005	0.744	2.097	1
[10]	{beg_1_tret=255}	=>	<b>{S}</b>	0.016	0.742	2.090	1
[11]	{beg_2_tret=295}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.735	2.071	1
[12]	{beg_2_tret=291}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.735	2.071	1
[13]	{beg_2_tret=293}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.731	2.060	1
[14]	{beg_2_tret=292}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.724	2.039	1
[15]	{beg_1_tret=250}	=>	<b>{S}</b>	0.013	0.723	2.037	1
[16]	{beg_2_tret=279}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.718	2.022	1
[17]	{beg_2_tret=285}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.716	2.017	1
[18]	{beg_2_tret=280}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.711	2.003	1
[19]	{beg_2_tret=290}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.710	1.999	1
[20]	{beg_2_tret=256}	=>	<b>{S}</b>	0.003	0.701	1.974	1
[21]	{beg_2_tret=278}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.697	1.965	1
[22]	{beg_1_tret=265}	=>	<b>{S}</b>	0.010	0.690	1.944	1
[23]	{beg_1_tret=270}	=>	<b>{S}</b>	0.007	0.687	1.935	1
[24]	{beg_2_tret=286}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.676	1.903	1
[25]	{beg_2_tret=276}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.673	1.896	1
[26]	{beg_2_tret=282}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.669	1.886	1
[27]	{beg_2_tret=287}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.657	1.850	1
[28]	{beg_2_tret=264}	=>	<b>{S}</b>	0.003	0.649	1.828	1
[29]	{beg_2_tret=258}	=>	<b>{S}</b>	0.003	0.646	1.820	1
[30]	{beg_2_tret=274}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.644	1.815	1
[31]	{beg_2_tret=269}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.643	1.812	1
[32]	{beg_2_tret=271}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.635	1.789	1
[33]	{beg_2_tret=259}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.635	1.788	1
[34]	{beg_2_tret=254}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.625	1.762	1
[35]	{beg_2_tret=253}	=>	<b>{S}</b>	0.003	0.620	1.747	1
[36]	{beg_2_tret=255}	=>	<b>{S}</b>	0.003	0.617	1.738	1
[37]	{beg_2_tret=277}	=>	<b>{S}</b>	0.003	0.616	1.735	1

[38]	{beg_2_tret=263}	=>	{ <b>S</b> }	0.003	0.613	1.727	1
[39]	{beg_1_tret=260}	=>	{S}	0.011	0.611	1.721	1
[40]	{beg_2_tret=265}	=>	{S}	0.003	0.607	1.710	1
[41]	{beg_2_tret=267}	=>	{ <b>S</b> }	0.003	0.606	1.707	1
[42]	{beg_2_tret=266}	=>	{ <b>S</b> }	0.002	0.605	1.704	1
[43]	{beg_2_tret=257}	=>	{ <b>S</b> }	0.004	0.599	1.688	1
[44]	{godina=2010}	=>	{S}	0.060	0.599	1.688	1
[45]	{beg_2_tret=273}	=>	{ <b>S</b> }	0.002	0.596	1.680	1
[46]	{beg_2_tret=251}	=>	{S}	0.002	0.587	1.654	1
[47]	{beg_2_tret=252}	=>	{S}	0.003	0.580	1.635	1
[48]	{beg_2_tret=262}	=>	{S}	0.004	0.580	1.635	1
[49]	{beg_2_tret=268}	=>	{ <b>S</b> }	0.003	0.579	1.630	1
[50]	{beg_2_tret=272}	=>	{ <b>S</b> }	0.003	0.567	1.598	1
[51]	{beg_2_tret=260}	=>	{S}	0.003	0.558	1.573	1
[52]	{beg_2_tret=261}	=>	{S}	0.002	0.552	1.556	1
[53]	{beg_2_tret=270}	=>	{S}	0.003	0.549	1.546	1
[54]	{beg_1_tret=245}	=>	{S}	0.011	0.547	1.540	1
[55]	{beg_2_tret=275}	=>	{S}	0.002	0.544	1.532	1
[56]	{eff_2_tret=0.2}	=>	{S}	0.071	0.503	1.417	1
[57]	{beg_1_tret=240}	=>	{S}	0.010	0.501	1.410	1
[58]	{godina=2010,beg_1_tret=285}	=>	{S}	0.001	1.000	2.817	2
[59]	{godina=2010,beg_1_tret=280}	=>	{S}	0.002	0.998	2.812	2
[60]	{godina=2010,beg_1_tret=275}	=>	{S}	0.002	0.996	2.806	2
[61]	{eff_1_tret=0.05,eff_2_tret=0.05}	=>	{S}	0.001	0.981	2.764	2
[62]	{godina=2010,beg_1_tret=270}	=>	{S}	0.002	0.974	2.743	2
[63]	{godina=2006,beg_1_tret=260}	=>	{S}	0.002	0.971	2.734	2
[64]	{godina=2010,beg_1_tret=265}	=>	{S}	0.003	0.955	2.691	2
[65]	{godina=2011,beg_1_tret=250}	=>	{ <b>S</b> }	0.002	0.955	2.690	2
[66]	{godina=2010,beg_1_tret=260}	=>	$\{S\}$	0.003	0.951	2.680	2
[67]	{beg_1_tret=275,tretman=adu_adu}	=>	$\{S\}$	0.002	0.946	2.666	2
[68]	{godina=2010,beg_1_tret=255}	=>	{S}	0.003	0.942	2.653	2
[69]	{godina=2010,beg_1_tret=250}	=>	$\{S\}$	0.003	0.941	2.651	2
[70]	{godina=2010,beg_1_tret=245}	=>	{S}	0.003	0.936	2.636	2
[71]	{godina=2006,beg_1_tret=255}	=>	{S}	0.002	0.927	2.612	2
[72]	{beg_1_tret=280,tretman=adu_adu}	=>	{S}	0.002	0.910	2.564	2
[73]	{eff_1_tret=0.5,beg_1_tret=280}	=>	{S}	0.001	0.898	2.529	2
[74]	{godina=2012,beg_1_tret=275}	=>	{S}	0.001	0.891	2.511	2
[75]	{godina=2010,beg_1_tret=240}	=>	{S}	0.003	0.881	2.482	2
[76]	{godina=2012,beg_1_tret=265}	=>	{S}	0.002	0.877	2.471	2
[77]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=280}	=>	{S}	0.002	0.871	2.454	2
[78]	{beg_1_tret=265,tretman=adu_adu}	=>	{S}	0.003	0.869	2.449	2
[79]	{godina=2006,beg_1_tret=250}	=>	{ <b>S</b> }	0.001	0.868	2.446	2
[80]	{godina=2015,beg_1_tret=250}	=>	{ <b>S</b> }	0.002	0.864	2.433	2
[81]	{ett_2_tret=0.005,beg_1_tret=255}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.853	2.402	2
[82]	{ett_2_tret=0.001,beg_1_tret=255}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.851	2.396	2
[83]	{etr_2_tret=0.2,beg_1_tret=250}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.851	2.396	2
[84]	{ett_2_tret=0.05,beg_1_tret=255}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.849	2.392	2

[85]	{godina=2005,beg_1_tret=235}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.843	2.375	2
[86]	{beg_1_tret=285,tretman=adu_adu}	=>	{ <b>S</b> }	0.001	0.839	2.363	2
[87]	{eff_1_tret=0.2,beg_1_tret=270}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.839	2.362	2
[88]	{godina=2008,beg_1_tret=125}	=>	{ <b>S</b> }	0.002	0.836	2.355	2
[89]	{dur_tret=5,beg_1_tret=280}	=>	{ <b>S</b> }	0.001	0.834	2.350	2
[90]	{beg_1_tret=270,tretman=adu_adu}	=>	{S}	0.002	0.832	2.342	2
[91]	{eff_2_tret=0.5,beg_1_tret=280}	=>	{ <b>S</b> }	0.001	0.831	2.341	2
[92]	{eff_1_tret=0.2,beg_1_tret=255}	=>	{S}	0.002	0.831	2.340	2
[93]	{beg_1_tret=255,tretman=lar_adu}	=>	{ <b>S</b> }	0.005	0.828	2.333	2
[94]	{dur_tret=7,beg_1_tret=280}	=>	{S}	0.001	0.828	2.331	2
[95]	{eff_2_tret=0.05,beg_1_tret=250}	=>	{ <b>S</b> }	0.001	0.827	2.329	2
[96]	{eff_1_tret=0.2,beg_1_tret=265}	=>	{ <b>S</b> }	0.001	0.824	2.321	2
[97]	{eff_2_tret=0.5,beg_1_tret=275}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.817	2.302	2
[98]	{dur_tret=1,beg_1_tret=255}	=>	{ <b>S</b> }	0.002	0.811	2.285	2
[99]	{dur_tret=2,beg_1_tret=255}	=>	<b>{S}</b>	0.003	0.811	2.285	2
[100]	{eff_2_tret=0.2,beg_1_tret=255}	=>	{ <b>S</b> }	0.002	0.809	2.278	2
[101]	{eff_1_tret=0.5,beg_1_tret=255}	=>	{ <b>S</b> }	0.005	0.807	2.273	2
[102]	{godina=2014,beg_1_tret=205}	=>	{S}	0.003	0.807	2.273	2
[103]	{dur_tret=2,beg_1_tret=250}	=>	{ <b>S</b> }	0.002	0.805	2.267	2
[104]	{eff_1_tret=0.2,beg_1_tret=250}	=>	{ <b>S</b> }	0.002	0.804	2.265	2
[105]	{godina=2007,beg_1_tret=245}	=>	{ <b>S</b> }	0.002	0.801	2.255	2



razina opterećenja = S

Slika 4.313. Asocijativna pravila povezana sa ishodom razine opterećenja S (smanjenje brojnosti odraslih za 5% do 10%). Prikazana su samo pravila sa vjerojatnosti većom od 95%.

Pronađena asocijativna pravila dubinskog istraživanja podataka povezana s ishodom razina opterećenja = *SS* (smanjenje brojnosti odrasle populacije za 10% do 30%) prikazani su u Tablici 4.41 i na Slici 4.380. Dubinskim istraživanjima (*parametri pretraživanja: podrška=0.001, pouzdanost=0.5*) za

ishod *SS* (smanjenje odrasle populacije od 10%-30%) pronađeno je ukupno 157 asocijativnih pravila (21 pravilo sa jednim uvjetom, 65 pravila sa dva uvjeta, 86 pravila sa tri uvjeta i 3 pravila sa četiri uvjeta)

Analizom asocijativnih pravila sa jednim i dva uvjeta uočava se da raniji tretmani (početak 1. i 2. tretmana) na početku reproduktivne sezone (60. do 130. dan u godini; 1.3. do 10.5.) dovode do smanjenja brojnosti odrasle populacije. Kao godine u kojima se posebno ističu prednosti ranih tretmana izdvajaju se 2006., 2009., 2011 godina, a tretmani *lar\_adu* i *lar\_lar* u kombinaciji s ostalim uvjetima dovode do smanjenja odrasle populacije od 10%-30%.

Tablica 4.41. Pravila povezana s ishodom razine opterećenja = SS (smanjenje brojnosti odrasle populacije za 10-30%). Pravila su analizirana sa parametrima: support =0.001, confidence =0.50. Ukupno je pronađeno 175 pravila, a u tablici su prikazana sva pravila sa jednim i dva uvjeta.

	lhs		rhs	podrška	pouzdanost	<i>K.I</i> .	n(lhs)
[1]	{beg_2_tret=112}	=>	{SS}	0.002	0.678	3.050	1
[2]	{beg_2_tret=111}	=>	<b>{SS}</b>	0.001	0.677	3.046	1
[3]	{beg_2_tret=109}	=>	$\{SS\}$	0.001	0.669	3.010	1
[4]	{beg_2_tret=100}	=>	<b>{SS}</b>	0.001	0.658	2.961	1
[5]	{beg_2_tret=117}	=>	$\{SS\}$	0.002	0.656	2.952	1
[6]	{beg_2_tret=110}	=>	<b>{SS}</b>	0.002	0.645	2.903	1
[7]	{beg_2_tret=115}	=>	$\{SS\}$	0.002	0.641	2.884	1
[8]	{beg_2_tret=113}	=>	<b>{SS}</b>	0.002	0.637	2.868	1
[9]	{beg_2_tret=108}	=>	$\{SS\}$	0.002	0.631	2.842	1
[10]	{beg_2_tret=114}	=>	<b>{SS}</b>	0.002	0.611	2.751	1
[11]	{beg_1_tret=60}	=>	$\{SS\}$	0.001	0.594	2.674	1
[12]	{beg_2_tret=118}	=>	<b>{SS}</b>	0.002	0.591	2.663	1
[13]	{beg_2_tret=107}	=>	$\{SS\}$	0.001	0.586	2.637	1
[14]	{beg_2_tret=106}	=>	{SS}	0.001	0.585	2.636	1
[15]	{beg_2_tret=116}	=>	$\{SS\}$	0.001	0.585	2.634	1
[16]	{beg_2_tret=102}	=>	{SS}	0.001	0.582	2.619	1
[17]	{beg_2_tret=119}	=>	$\{SS\}$	0.002	0.573	2.577	1
[18]	{beg_2_tret=120}	=>	{SS}	0.002	0.572	2.576	1
[19]	{beg_2_tret=105}	=>	$\{SS\}$	0.001	0.544	2.450	1
[20]	{beg_2_tret=104}	=>	<b>{SS}</b>	0.001	0.542	2.439	1
[21]	{beg_1_tret=100}	=>	$\{SS\}$	0.009	0.505	2.272	1
[22]	{godina=2009,beg_1_tret=110}	=>	<b>{SS}</b>	0.003	0.749	3.370	2
[23]	$\{eff_1\_tret=1,beg_1\_tret=105\}$	=>	$\{SS\}$	0.004	0.723	3.255	2
[24]	{godina=2009,beg_1_tret=105}	=>	<b>{SS}</b>	0.003	0.720	3.241	2
[25]	$\{eff_1\_tret=1,beg_1\_tret=100\}$	=>	$\{SS\}$	0.003	0.720	3.239	2
[26]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=110}	=>	<b>{SS}</b>	0.004	0.718	3.231	2
[27]	{dist_tret=0,beg_1_tret=110}	=>	$\{SS\}$	0.001	0.694	3.123	2
[28]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=85}	=>	<b>{SS}</b>	0.002	0.684	3.077	2
[29]	{godina=2011,beg_1_tret=130}	=>	<b>{SS}</b>	0.003	0.683	3.076	2
[30]	{godina=2006,beg_1_tret=110}	=>	<b>{SS}</b>	0.003	0.678	3.054	2
[31]	{godina=2006,beg_1_tret=115}	=>	<b>{SS}</b>	0.003	0.676	3.045	2
[32]	{godina=2011,beg_1_tret=90}	=>	<b>{SS}</b>	0.002	0.676	3.042	2
[33]	{godina=2006,beg_1_tret=125}	=>	$\{SS\}$	0.004	0.675	3.037	2
[34]	{godina=2006,beg_1_tret=120}	=>	<b>{SS}</b>	0.004	0.670	3.015	2
[35]	{godina=2009,beg_1_tret=115}	=>	<b>{SS}</b>	0.003	0.665	2.991	2

[36]	{godina=2006,beg_1_tret=105}	=>	<b>{SS}</b>	0.003	0.661	2.977	2
[37]	{godina=2006,beg_1_tret=90}	=>	<b>{SS}</b>	0.001	0.655	2.949	2
[38]	{godina=2011,beg_1_tret=100}	=>	<b>{SS}</b>	0.002	0.650	2.928	2
[39]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=90}	=>	<b>{SS}</b>	0.002	0.650	2.924	2
[40]	{godina=2011,beg_1_tret=105}	=>	<b>{SS}</b>	0.002	0.647	2.913	2
[41]	{godina=2009,beg_1_tret=100}	=>	<b>{SS}</b>	0.003	0.641	2.886	2
[42]	{godina=2011,beg_1_tret=135}	=>	<b>{SS}</b>	0.002	0.634	2.852	2
[43]	{godina=2011,beg_1_tret=85}	=>	<b>{SS}</b>	0.002	0.625	2.815	2
[44]	{godina=2006,beg_1_tret=130}	=>	<b>{SS}</b>	0.003	0.624	2.809	2
[45]	{dist_tret=3,beg_1_tret=110}	=>	<b>{SS}</b>	0.001	0.620	2.789	2
[46]	{godina=2011,beg_1_tret=80}	=>	<b>{SS}</b>	0.002	0.619	2.787	2
[47]	{godina=2010,beg_1_tret=150}	=>	<b>{SS}</b>	0.003	0.615	2.769	2
[48]	{eff_2_tret=0.05,beg_1_tret=110}	=>	<b>{SS}</b>	0.001	0.605	2.722	2
[49]	{godina=2006,beg_1_tret=95}	=>	<b>{SS}</b>	0.001	0.604	2.721	2
[50]	{godina=2006,beg_1_tret=100}	=>	<b>{SS}</b>	0.002	0.603	2.716	2
[51]	{eff_2_tret=1,beg_1_tret=70}	=>	$\{SS\}$	0.001	0.596	2.682	2
[52]	{beg_1_tret=90,tretman=lar_adu}	=>	<b>{SS}</b>	0.002	0.592	2.663	2
[53]	{godina=2010,beg_1_tret=155}	=>	<b>{SS}</b>	0.003	0.585	2.635	2
[54]	{godina=2009,beg_1_tret=120}	=>	<b>{SS}</b>	0.002	0.580	2.610	2
[55]	{eff_2_tret=1,beg_1_tret=75}	=>	<b>{SS}</b>	0.001	0.579	2.606	2
[56]	{godina=2011,beg_1_tret=160}	=>	<b>{SS}</b>	0.002	0.576	2.592	2
[57]	{dur_tret=5,beg_1_tret=100}	=>	<b>{SS}</b>	0.003	0.574	2.586	2
[58]	{beg_1_tret=100,tretman=lar_adu}	=>	<b>{SS}</b>	0.002	0.573	2.580	2
[59]	{beg_1_tret=110,tretman=lar_adu}	=>	<b>{SS}</b>	0.003	0.570	2.565	2
[60]	{beg_1_tret=85,tretman=lar_adu}	=>	<b>{SS}</b>	0.001	0.568	2.558	2
[61]	{dur_tret=1,beg_1_tret=105}	=>	<b>{SS}</b>	0.001	0.565	2.543	2
[62]	{eff_2_tret=1,beg_1_tret=80}	=>	<b>{SS}</b>	0.002	0.560	2.519	2
[63]	{godina=2011,beg_1_tret=110}	=>	<b>{SS}</b>	0.002	0.550	2.476	2
[64]	{dur_tret=7,beg_1_tret=80}	=>	<b>{SS}</b>	0.001	0.550	2.476	2
[65]	{dur_tret=2,beg_1_tret=115}	=>	<b>{SS}</b>	0.002	0.544	2.447	2
[66]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=115}	=>	<b>{SS}</b>	0.003	0.542	2.442	2
[67]	{eff_1_tret=0.5,beg_1_tret=115}	=>	<b>{SS}</b>	0.003	0.535	2.410	2
[68]	{beg_1_tret=110,tretman=lar_lar}	=>	<b>{SS}</b>	0.004	0.531	2.390	2
[69]	{godina=2006,beg_1_tret=165}	=>	<b>{SS}</b>	0.002	0.529	2.380	2
[70]	{dur_tret=2,beg_1_tret=110}	=>	{SS}	0.002	0.526	2.369	2
[71]	{beg_1_tret=115,tretman=lar_adu}	=>	<b>{SS}</b>	0.003	0.525	2.365	2
[72]	{eff_1_tret=0.5,beg_1_tret=100}	=>	<b>{SS}</b>	0.002	0.523	2.353	2
[73]	{beg_1_tret=100,tretman=lar_lar}	=>	{SS}	0.003	0.522	2.348	2
[74]	{godina=2007,beg_1_tret=100}	=>	{SS}	0.001	0.521	2.344	2
[75]	{dur_tret=3,beg_1_tret=110}	=>	{SS}	0.002	0.517	2.329	2
[76]	{godina=2014,beg_1_tret=275}	=>	{SS}	0.001	0.517	2.326	2
[77]	{dur_tret=7,beg_1_tret=100}	=>	{SS}	0.003	0.516	2.325	2
[78]	{beg_1_tret=80,tretman=lar_lar}	=>	{SS}	0.002	0.515	2.317	2
[79]	{beg_1_tret=75,tretman=adu_lar}	=>	{ <b>SS</b> }	0.001	0.513	2.310	2
[80]	{godina=2014,beg_1_tret=260}	=>	{SS}	0.002	0.513	2.309	2
[81]	{beg_1_tret=90,tretman=lar_lar}	=>	{SS}	0.003	0.513	2.309	2
[82]	{dur_tret=5,beg_1_tret=80}	=>	<b>{SS}</b>	0.001	0.513	2.308	2

[83]	{godina=2005,beg_1_tret=145}	=>	<b>{SS}</b>	0.002	0.512	2.307	2
[84]	{beg_1_tret=75,tretman=lar_lar}	=>	<b>{SS}</b>	0.001	0.512	2.305	2
[85]	{dur_tret=7,beg_1_tret=90}	=>	$\{SS\}$	0.002	0.511	2.301	2
[86]	{eff_1_tret=0.5,beg_1_tret=110}	=>	{ <b>SS</b> }	0.003	0.503	2.265	2



Slika 4.314. Asocijativna pravila povezana sa ishodom razine opterećenja SS. Prikazana su samo pravila sa vjerojatnosti većom od 90%.

Dubinskim istraživanjem podataka (*parametri: podrška=0.001, pouzdanost=0.5*) za ishod *SSS* (smanjenje odrasle populacije za više od 30%) pronađeno je samo 4 pravila sa tri uvjeta (Tablica 4.42 i Slika 4.315). Sva pronađena asocijativna pravila specifična su za pojedinačne godine.

Tablica 4.42. Pravila povezana s ishodom razine opterećenja = SSS (smanjenje brojnosti odrasle populacije za više od 30%). Pravila su analizirana sa parametrima: podrška =0.001, pouzdanost =0.50.

	lhs		rhs	support	confidence	lift	n(lhs)
[1]	{godina=2007,eff_1_tret=1,beg_1_tret=95}	=>	{SSS}	0.001	0.892	40.842	3
[2]	$\{godina=2005, eff_1\_tret=1, beg_1\_tret=140\}$	=>	{SSS}	0.001	0.884	40.468	3
[3]	{godina=2005,eff_1_tret=1,beg_1_tret=135}	=>	{SSS}	0.001	0.894	40.899	3
[4]	{godina=2014,eff_1_tret=1,beg_1_tret=150}	=>	{SSS}	0.001	0.568	25.978	3



Slika 4.315. Asocijativna pravila povezana sa ishodom razine opterećenja SSS (smanjenje odrasle populacije uza više od 30%). Prikazana su sva pronađena asocijativna pravila.

Dubinskim istraživanjem podataka (parametri: podrška=0.001, pouzdanost=0.5) za ishod *P* (povećanje brojnosti odrasle populacije za 5%-10%) pronađeno je ukupno 126 asocijativna pravila (71 pravilo sa 2 uvjeta i 55 pravila sa 3 uvjeta) (Tablica 4.43 i Slika 4.316). Algoritmom *apriori* su detektirani kritični dani u godini za pojedine godine koje dovođe do povećanja brojnosti odraslih jedinki. Za 2007. kritični dani u godini u kojima početak prvog tretmana bez obzira na sve ostale parametre dovodi do povećanja brojnosti odraslih (razina opterećenja = *P*) su od 110. do 125. dna u godini, zatim 165., 185.,1980., 210., 2015., 220. i 260 dan u 2007. godini (p>50%). Također kombinacija u kojem su oba primijenjena tretmana adulticidna, bez obzira na sve ostale parametre u 2007. godini dovodi do povećanja brojnosti odraslih (ishod = *P*, p=53%). Kritični dani u godini detektirani su i za 2008., 2009., 2012., 20013., 2015. godinu. U 2015. godini svi tretmani sa učinkovitošću manjom od 5% dovođe do negativnog učinka, odnosno povećanja brojnosti odraslih jedinki (razina opterećenja = *P*). Kao i u 2007. godini ukoliko su oba primijenjena tretmana adulticidna tretmana

Tablica 4.43. Pravila povezana s ishodom razine opterećenja = P (povećanje brojnosti odrasle populacije za 5%-10%). Pravila su analizirana sa parametrima: podrška =0.001, pouzdanost =0.50. U tablici su prikazana sva asocijativna pravila.

	lhs	rhs		podrška	pouzdanost	<i>K.I</i> .	n(lhs)
[1]	{godina=2013,beg_1_tret=190}	=>	{P}	0.001	0.910	3.602	2
[2]	{godina=2013,beg_1_tret=185}	=>	{P}	0.001	0.847	3.353	2
[3]	{godina=2008,beg_1_tret=155}	=>	{P}	0.001	0.805	3.187	2
[4]	{godina=2012,beg_1_tret=145}	=>	{P}	0.001	0.772	3.053	2
[5]	{godina=2008,beg_1_tret=165}	=>	{P}	0.002	0.767	3.033	2
[6]	{godina=2015,beg_1_tret=170}	=>	{P}	0.002	0.757	2.994	2
[7]	{godina=2009,beg_1_tret=145}	=>	{P}	0.001	0.755	2.989	2
[8]	{godina=2015,beg_1_tret=125}	=>	{P}	0.002	0.745	2.949	2
[9]	{godina=2008,beg_1_tret=160}	=>	{P}	0.001	0.733	2.899	2

[10]	{godina=2007,beg_1_tret=115}	=>	{ <b>P</b> }	0.002	0.726	2.873	2
[11]	{godina=2008,beg_1_tret=175}	=>	{P}	0.002	0.721	2.851	2
[12]	{godina=2012,beg_1_tret=190}	=>	{P}	0.001	0.718	2.841	2
[13]	{godina=2015,beg_1_tret=130}	=>	{P}	0.002	0.713	2.823	2
[14]	{godina=2009,beg_1_tret=160}	=>	{P}	0.002	0.711	2.812	2
[15]	{godina=2012,beg_1_tret=150}	=>	{P}	0.002	0.701	2.772	2
[16]	{godina=2009,beg_1_tret=185}	=>	{P}	0.002	0.697	2.756	2
[17]	{godina=2009,beg_1_tret=200}	=>	{P}	0.001	0.686	2.715	2
[18]	{godina=2015,beg_1_tret=120}	=>	{P}	0.001	0.680	2.689	2
[19]	{godina=2009,beg_1_tret=190}	=>	{P}	0.001	0.668	2.643	2
[20]	{godina=2007,beg_1_tret=260}	=>	{P}	0.001	0.666	2.637	2
[21]	{godina=2012,beg_1_tret=195}	=>	{P}	0.001	0.663	2.622	2
[22]	{godina=2009,beg_1_tret=165}	=>	{P}	0.001	0.658	2.603	2
[23]	{godina=2008,beg_1_tret=170}	=>	{P}	0.001	0.656	2.596	2
[24]	{godina=2008,beg_1_tret=190}	=>	{P}	0.001	0.654	2.588	2
[25]	{godina=2012,beg_1_tret=185}	=>	{P}	0.001	0.652	2.578	2
[26]	{godina=2009,beg_1_tret=150}	=>	{P}	0.001	0.647	2.559	2
[27]	{godina=2007,beg_1_tret=220}	=>	{P}	0.001	0.636	2.516	2
[28]	{godina=2007,beg_1_tret=120}	=>	{P}	0.002	0.636	2.515	2
[29]	{godina=2013,beg_1_tret=180}	=>	{P}	0.001	0.634	2.510	2
[30]	{godina=2015,beg_1_tret=205}	=>	{P}	0.001	0.626	2.478	2
[31]	{godina=2009,beg_1_tret=155}	=>	{P}	0.001	0.622	2.460	2
[32]	{godina=2008,beg_1_tret=185}	=>	{P}	0.001	0.606	2.398	2
[33]	{godina=2012,beg_1_tret=205}	=>	{P}	0.001	0.605	2.393	2
[34]	{godina=2012,beg_1_tret=175}	=>	{P}	0.001	0.596	2.359	2
[35]	{godina=2009,beg_1_tret=195}	=>	{P}	0.001	0.590	2.334	2
[36]	{godina=2015,beg_1_tret=175}	=>	{P}	0.001	0.586	2.320	2
[37]	{godina=2009,beg_1_tret=210}	=>	{P}	0.001	0.586	2.319	2
[38]	{godina=2015,dur_tret=1}	=>	{P}	0.003	0.586	2.317	2
[39]	{godina=2007,beg_1_tret=190}	=>	{P}	0.001	0.583	2.306	2
[40]	{godina=2012,beg_1_tret=210}	=>	{P}	0.001	0.581	2.300	2
[41]	{godina=2012,beg_1_tret=160}	=>	{P}	0.002	0.576	2.278	2
[42]	{godina=2008,beg_1_tret=195}	=>	{P}	0.001	0.574	2.273	2
[43]	{godina=2007,beg_1_tret=165}	=>	{P}	0.002	0.568	2.246	2
[44]	{godina=2012,beg_1_tret=180}	=>	{P}	0.001	0.566	2.240	2
[45]	{godina=2007,beg_1_tret=110}	=>	{P}	0.001	0.566	2.239	2
[46]	{godina=2009,beg_1_tret=215}	=>	{P}	0.001	0.563	2.228	2
[47]	{godina=2007,beg_1_tret=185}	=>	{P}	0.002	0.560	2.217	2
[48]	{godina=2009,beg_1_tret=140}	=>	{P}	0.001	0.556	2.200	2
[49]	{godina=2015,beg_1_tret=230}	=>	{P}	0.001	0.554	2.191	2
[50]	{eff_2_tret=0.001,beg_1_tret=185}	=>	{P}	0.002	0.551	2.179	2
[51]	{eff_2_tret=0.005,beg_1_tret=185}	=>	{P}	0.002	0.549	2.171	2
[52]	{godina=2015,tretman=adu_adu}	=>	{P}	0.006	0.549	2.170	2
[53]	{godina=2015,eff_1_tret=0.001}	=>	{ <b>P</b> }	0.003	0.545	2.157	2
[54]	{godina=2015,eff_1_tret=0.005}	=>	{P}	0.003	0.544	2.153	2
[55]	{godina=2015,eff_2_tret=0.001}	=>	{P}	0.003	0.540	2.137	2
[56]	{godina=2007,beg_1_tret=125}	=>	{P}	0.002	0.539	2.134	2

$ \begin{cases} 581 \\ (godina=2015,eff_2,tret=0.005) => (P) 0.003 0.535 \\ (591 \\ (godina=2007,tretman=adu_adu) => (P) 0.008 0.534 \\ (101 \\ (eff_2,tret=0.05,beg_1,tret=185) => (P) 0.003 0.518 \\ (101 \\ (godina=2015,eff_1,tret=0.05) => (P) 0.001 0.516 \\ (101 \\ (godina=2015,eff_1,tret=0.05) => (P) 0.001 0.516 \\ (101 \\ (godina=2007,beg_1,tret=195) => (P) 0.001 0.516 \\ (101 \\ (godina=2007,beg_1,tret=200) => (P) 0.001 0.516 \\ (101 \\ (godina=2007,beg_1,tret=200) => (P) 0.001 0.506 \\ (101 \\ (godina=2008,beg_1,tret=200) => (P) 0.001 0.506 \\ (101 \\ (godina=2008,beg_1,tret=205) => (P) 0.001 0.506 \\ (101 \\ (godina=2007,deff_1,tret=1,beg_1,tret=170) => (P) 0.001 0.506 \\ (101 \\ (10$	[57]	{godina=2013,beg_1_tret=175}	=>	{ <b>P</b> }	0.001	0.539	2.133	2
	[58]	{godina=2015,eff_2_tret=0.005}	=>	{P}	0.003	0.535	2.118	2
	[59]	{godina=2007,beg_1_tret=215}	=>	{P}	0.001	0.535	2.116	2
	[60]	{godina=2007,tretman=adu_adu}	=>	{P}	0.008	0.534	2.113	2
	[61]	{eff_2_tret=0.05,beg_1_tret=185}	=>	{P}	0.002	0.525	2.078	2
	[62]	{godina=2015,dist_tret=50}	=>	{P}	0.003	0.523	2.071	2
	[63]	{godina=2015,eff_1_tret=0.05}	=>	{P}	0.003	0.518	2.051	2
	[64]	{godina=2015,beg_1_tret=195}	=>	{P}	0.001	0.518	2.050	2
$ \begin{array}{cccccccccccccccccccccccccccccccccccc$	[65]	{godina=2015,eff_2_tret=0.05}	=>	{P}	0.003	0.511	2.021	2
	[66]	{godina=2007,beg_1_tret=210}	=>	{P}	0.001	0.510	2.017	2
$ \begin{bmatrix} 681 \\ [godina=2009,beg_1\_ret=170 \\ godina=2012,dist\_tret=50 \\ [godina=2008,beg_1\_ret=205 \\ \Rightarrow \ (P) 0.002 0.501 \\ [701] \\ [godina=2008,beg_1\_ret=205 \\ \Rightarrow \ (P) 0.001 0.505 \\ [711] \\ [eff_1\_ret=1,beg_1\_ret=200 \\ godina=2015,eff_1\_ret=1,beg_1\_ret=170 \\ \Rightarrow \ (P) 0.001 0.604 \\ [731] \\ [godina=2015,eff_1\_ret=1,beg_1\_ret=120 \\ \Rightarrow \ (P) 0.001 0.604 \\ [731] \\ [godina=2015,dur\_tret=1,tretman=lar\_lar \\ \Rightarrow \ (P) 0.001 0.604 \\ [731] \\ [godina=2015,dur\_tret=1,tretman=lar\_lar \\ \Rightarrow \ (P) 0.001 0.604 \\ [731] \\ [godina=2015,dur\_tret=3,tretman=adu\_adu ] \Rightarrow \ (P) 0.001 0.626 \\ [godina=2015,eff\_1\_ret=1,dur\_tret=1 \\ \Rightarrow \ (P) 0.002 0.586 \\ [771] \\ [godina=2015,eff\_1\_ret=1,dur\_tret=1 \\ \Rightarrow \ (P) 0.002 0.578 \\ [godina=2015,eff\_1\_tret=1,dur\_tret=1 \\ \Rightarrow \ (P) 0.002 0.578 \\ [godina=2015,eff\_1\_tret=1,dur\_tret=1 \\ \Rightarrow \ (P) 0.001 0.578 \\ [godina=2015,eff\_1\_tret=1,retman=adu\_adu ] \Rightarrow \ (P) 0.001 0.578 \\ [godina=2015,eff\_1\_tret=1,retman=adu\_adu ] \Rightarrow \ (P) 0.001 0.578 \\ [godina=2015,eff\_1\_tret=1,retman=adu\_adu ] \Rightarrow \ (P) 0.001 0.566 \\ [godina=2007,eff\_1\_tret=1,beg\_1\_tret=185 \\ \Rightarrow \ (P) 0.001 0.556 \\ [s31] \\ [godina=2007,eff\_1\_tret=1,beg\_1\_tret=160 \\ \Rightarrow \ (P) 0.002 0.553 \\ [s63] \\ [godina=2015,eff\_1\_tret=1,beg\_1\_tret=160 \\ \Rightarrow \ (P) 0.002 0.553 \\ [s63] \\ [godina=2015,eff\_1\_tret=1,beg\_1\_tret=185 \\ \Rightarrow \ (P) 0.001 0.556 \\ [s43] \\ [godina=2015,eff\_1\_tret=0.05,eff\_2\_tret=1 \\ \Rightarrow \ (P) 0.002 0.554 \\ [s93] \\ [godina=2015,eff\_1\_tret=0.05,eff\_2\_tret=1 \\ \Rightarrow \ (P) 0.002 0.544 \\ [s94] \\ [godina=2015,eff\_1\_tret=0.5,tretman=adu\_adu ] \Rightarrow \ (P) 0.002 0.544 \\ [s94] \\ [godina=2015,eff\_1\_tret=0.5,tretman=adu\_adu ] \Rightarrow \ (P) 0.002 0.544 \\ [s94] \\ [godina=2015,eff\_1\_tret=0.5,tretman=adu\_adu ] \Rightarrow \ (P) 0.002 0.544 \\ [s94] \\ [godina=2015,eff\_1\_tret=0.5,tretman=adu\_adu ] \Rightarrow \ (P) 0.002 0.544 \\ [s94] \\ [godina=2015,eff\_1\_tret=0.5,tretman=adu\_adu ] \Rightarrow \ (P) 0.002 0.544 \\ [s94] \\ [godina=2015,eff\_1\_tret=0.5,tretman=adu\_adu ] \Rightarrow \ (P) 0.002 0.544 \\ [s94] \\ [godina=2015,eff\_1\_tret=0.5,tretman=adu\_adu ] \Rightarrow \ (P) 0.002 0.544 \\ [s94] \\ [godina=2015,eff\_1\_tret=0.5,tret=1 \\ \Rightarrow \ (P) 0.002 0.544 \\ [s94] \\$	[67]	{godina=2008,beg_1_tret=200}	=>	{P}	0.001	0.506	2.003	2
	[68]	{godina=2009,beg_1_tret=170}	=>	{P}	0.001	0.505	2.000	2
	[69]	{godina=2012,dist_tret=50}	=>	{P}	0.002	0.501	1.982	2
	[70]	{godina=2008,beg_1_tret=205}	=>	{P}	0.002	0.500	1.979	2
	[71]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=220}	=>	{P}	0.004	0.500	1.979	2
	[72]	{godina=2015,eff_1_tret=1,beg_1_tret=170}	=>	{P}	0.001	0.801	3.169	3
	[73]	{godina=2007,eff_1_tret=1,beg_1_tret=120}	=>	{P}	0.001	0.745	2.948	3
	[74]	{eff_1_tret=1,dur_tret=5,beg_1_tret=220}	=>	{P}	0.001	0.604	2.388	3
	[75]	{godina=2015,dur_tret=1,tretman=lar_lar}	=>	{P}	0.001	0.602	2.384	3
	[76]	{godina=2015,dur_tret=5,tretman=adu_adu}	=>	{P}	0.002	0.586	2.319	3
$ \begin{array}{llllllllllllllllllllllllllllllllllll$	[77]	{godina=2007,dur_tret=3,tretman=adu_adu}	=>	{P}	0.001	0.582	2.303	3
	[78]	{godina=2015,eff_2_tret=1,dur_tret=1}	=>	{P}	0.002	0.581	2.301	3
	[79]	{godina=2015,eff_1_tret=1,dur_tret=1}	=>	{P}	0.002	0.578	2.289	3
	[80]	$\{eff_1\_tret=1,beg_1\_tret=145,tretman=adu\_adu\}$	=>	{P}	0.001	0.578	2.288	3
	[81]	{godina=2015,eff_1_tret=1,tretman=adu_adu}	=>	{P}	0.002	0.570	2.254	3
	[82]	{eff_1_tret=1,dur_tret=2,beg_1_tret=185}	=>	{P}	0.001	0.568	2.246	3
	[83]	{godina=2007,eff_1_tret=1,beg_1_tret=165}	=>	{P}	0.001	0.567	2.245	3
$ \begin{bmatrix} 851 \\ godina=2007, eff_1_tret=0.5, tretman=adu_adu \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.553 \\ \{eff_1_tret=1, dur_tret=1, beg_1_tret=160 \} \\ => \\ \{P\} \\ 0.001 \\ 0.552 \\ \{godina=2015, eff_2_tret=1, dur_tret=2 \} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.549 \\ \{godina=2015, eff_1_tret=0.005, eff_2_tret=1 \} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.549 \\ \{godina=2015, eff_1_tret=0.001, eff_2_tret=1 \} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.549 \\ \{godina=2007, eff_2_tret=0.5, tretman=adu_adu \} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.544 \\ \{godina=2015, eff_1_tret=0.05, eff_2_tret=1 \} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.544 \\ \{godina=2015, eff_1_tret=1, eff_2_tret=0.001 \} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.544 \\ \{godina=2015, eff_1_tret=1, eff_2_tret=0.001 \} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.541 \\ \{godina=2015, eff_1_tret=1, dur_tret=2 \} \\ => \\ \{P\} \\ 0.001 \\ 0.539 \\ \{godina=2009, eff_1_tret=1, tretman=adu_adu \} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.539 \\ \{godina=2015, eff_2_tret=1, tretman=adu_adu \} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.539 \\ \{godina=2015, eff_2_tret=1, tretman=adu_adu \} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.539 \\ \{godina=2015, eff_2_tret=1, tretman=adu_adu \} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.539 \\ \{godina=2015, eff_1_tret=1, eff_2_tret=0.05 \} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.537 \\ \{godina=2015, eff_1_tret=1, eff_2_tret=0.05 \} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.537 \\ \{godina=2015, eff_1_tret=1, eff_2_tret=0.05 \} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.537 \\ \{godina=2015, eff_1_tret=1, eff_2_tret=0.05 \} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.537 \\ \{godina=2009, eff_2_tret=1, tretman=adu_adu \} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.537 \\ \{godina=2009, eff_2_tret=1, tretman=adu_adu \} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.537 \\ \{godina=2009, eff_2_tret=1, tret=0.005 \} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.537 \\ \{godina=2009, eff_2_tret=1, tret=0.005 \} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.537 \\ \{godina=2007, eff_1_tret=1, eff_2_tret=0.005 \} \\ => \\ \{P\} \\ 0.001 \\ 0.536 \\ \{P\} \\ 0.001 \\ 0.53$	[84]	$\{eff_1\_tret=1, eff_2\_tret=0.05, beg_1\_tret=185\}$	=>	{P}	0.001	0.556	2.200	3
$ \begin{bmatrix} 861 \\ \{eff_1\_tret=1,dur\_tret=1,beg\_1\_tret=160\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.001 \\ 0.552 \\ [87] \\ \{godina=2015,eff\_2\_tret=1,dur\_tret=2\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.549 \\ [89] \\ \{godina=2015,eff\_1\_tret=0.005,eff\_2\_tret=1\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.549 \\ [89] \\ \{godina=2015,eff\_1\_tret=0.001,eff\_2\_tret=1\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.544 \\ [91] \\ \{godina=2015,eff\_1\_tret=0.05,eff\_2\_tret=1\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.543 \\ [92] \\ \{godina=2015,eff\_1\_tret=0.05,eff\_2\_tret=1\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.544 \\ [91] \\ \{godina=2015,eff\_1\_tret=0.005,beg\_1\_tret=185\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.541 \\ [93] \\ \{eff\_1\_tret=1,eff\_2\_tret=0.005,beg\_1\_tret=185\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.001 \\ 0.539 \\ [96] \\ \{godina=2015,eff\_1\_tret=1,dur\_tret=2\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.539 \\ [96] \\ \{godina=2009,eff\_1\_tret=1,tretman=adu\_adu\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.539 \\ [97] \\ \{godina=2015,eff\_1\_tret=1,tretman=adu\_adu\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.539 \\ [98] \\ \{eff\_1\_tret=1,beg\_1\_tret=220,tretman=lar\_adu\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.537 \\ [99] \\ \{godina=2015,eff\_1\_tret=1,eff\_2\_tret=0.005\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.537 \\ [100] \\ \{godina=2015,eff\_1\_tret=1,eff\_2\_tret=0.005\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.537 \\ [101] \\ \{godina=2009,eff\_1\_tret=1,eff\_2\_tret=0.005\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.537 \\ [101] \\ \{godina=2009,eff\_1\_tret=1,eff\_2\_tret=0.005\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.537 \\ [101] \\ \{godina=2009,eff\_1\_tret=1,eff\_2\_tret=0.005\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.537 \\ [101] \\ \{godina=2009,eff\_1\_tret=1,eff\_2\_tret=0.005\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.537 \\ [101] \\ \{godina=2009,eff\_1\_tret=1,eff\_2\_tret=0.005\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.537 \\ [101] \\ \{godina=2009,eff\_1\_tret=1,eff\_2\_tret=0.005\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.537 \\ [101] \\ \{godina=2009,eff\_1\_tret=1,eff\_2\_tret=0.005\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.537 \\ [101] \\ \{godina=2009,eff\_1\_tret=1,eff\_2\_tret=0.005\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.537 \\ [101] \\ \{godina=2009,eff\_1\_tret=1,eff\_2\_tret=0.005\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.001 \\ 0.536 \\ [102] \\ \{eff\_1\_tret=1,eff\_2\_tret=0.001,beg\_1\_tret=185\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.001 \\ 0.536 \\ [102] \\ \{eff\_1\_tret=1,eff\_2\_tret=0.001,beg\_1\_tret=185\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.001 \\ 0.536 \\ [102] \\ \{eff\_1\_tret=1,eff\_2\_tret=0.0$	[85]	{godina=2007,eff_1_tret=0.5,tretman=adu_adu}	=>	{P}	0.002	0.553	2.186	3
$ \begin{bmatrix} 871 \\ godina=2015,eff_2_tret=1,dur_tret=2 \\ godina=2015,eff_1_tret=0.005,eff_2_tret=1 \\ expressions \\ express$	[86]	{eff_1_tret=1,dur_tret=1,beg_1_tret=160}	=>	{P}	0.001	0.552	2.184	3
$ \begin{array}{llllllllllllllllllllllllllllllllllll$	[87]	{godina=2015,eff_2_tret=1,dur_tret=2}	=>	{P}	0.002	0.550	2.176	3
$ \begin{cases} 891 \\ \{godina=2015,eff_1_tret=0.001,eff_2_tret=1\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.549 \\ (godina=2007,eff_2_tret=0.5,tretman=adu_adu\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.544 \\ (91) \\ \{godina=2015,eff_1_tret=0.05,eff_2_tret=1\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.543 \\ (92) \\ \{godina=2015,eff_1_tret=1,eff_2_tret=0.001\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.541 \\ (93) \\ \{eff_1_tret=1,eff_2_tret=0.005,beg_1_tret=185\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.001 \\ 0.541 \\ (94) \\ \{godina=2015,eff_1_tret=1,dur_tret=2\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.541 \\ (94) \\ \{godina=2015,eff_1_tret=1,dur_tret=2\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.541 \\ (95) \\ \{eff_1_tret=1,dur_tret=3,beg_1_tret=185\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.539 \\ (96) \\ \{godina=2009,eff_1_tret=1,tretman=adu_adu\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.539 \\ (96) \\ \{godina=2015,eff_2_tret=1,tretman=adu_adu\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.539 \\ (96) \\ \{godina=2015,eff_1_tret=1,eff_2_tret=0.05\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.537 \\ (100) \\ \{godina=2009,eff_2_tret=1,tretman=adu_adu\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.537 \\ (100) \\ \{godina=2009,eff_2_tret=1,tretman=adu_adu\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.537 \\ (100) \\ \{godina=2009,eff_2_tret=1,tretman=adu_adu\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.537 \\ (100) \\ \{godina=2009,eff_2_tret=1,tretman=adu_adu\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.002 \\ 0.536 \\ (102) \\ \{eff_1_tret=1,eff_2_tret=0.001,beg_1_tret=185\} \\ => \\ \{P\} \\ 0.001 \\ 0.536 \\ (103) \\ \{godina=2007,eff_1_tret=0.001,eff_2_tret=0.5\} \\ => \\ (P) \\ 0.001 \\ 0.536 \\ (P) \\ ($	[88]	{godina=2015,eff_1_tret=0.005,eff_2_tret=1}	=>	{P}	0.002	0.549	2.172	3
	[89]	{godina=2015,eff_1_tret=0.001,eff_2_tret=1}	=>	{P}	0.002	0.549	2.171	3
	[90]	{godina=2007,eff_2_tret=0.5,tretman=adu_adu}	=>	{P}	0.002	0.544	2.154	3
	[91]	{godina=2015,eff_1_tret=0.05,eff_2_tret=1}	=>	{P}	0.002	0.543	2.148	3
	[92]	{godina=2015,eff_1_tret=1,eff_2_tret=0.001}	=>	{P}	0.002	0.541	2.141	3
	[93]	{eff_1_tret=1,eff_2_tret=0.005,beg_1_tret=185}	=>	{P}	0.001	0.541	2.140	3
	[94]	{godina=2015,eff_1_tret=1,dur_tret=2}	=>	{P}	0.002	0.541	2.139	3
	[95]	{eff_1_tret=1,dur_tret=3,beg_1_tret=185}	=>	{P}	0.001	0.539	2.133	3
	[96]	{godina=2009,eff_1_tret=1,tretman=adu_adu}	=>	{P}	0.002	0.539	2.132	3
$ \begin{array}{llllllllllllllllllllllllllllllllllll$	[97]	{godina=2015,eff_2_tret=1,tretman=adu_adu}	=>	{P}	0.002	0.539	2.131	3
$ \begin{array}{llllllllllllllllllllllllllllllllllll$	[98]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=220,tretman=lar_adu}	=>	{P}	0.002	0.538	2.129	3
$ \begin{array}{llllllllllllllllllllllllllllllllllll$	[99]	{godina=2015,eff_1_tret=1,eff_2_tret=0.05}	=>	{P}	0.002	0.537	2.126	3
$ \begin{array}{c c c c c c c c c c c c c c c c c c c $	[100]	{godina=2015,eff_1_tret=1,eff_2_tret=0.005}	=>	{P}	0.002	0.537	2.123	3
$ \begin{bmatrix} 102 \end{bmatrix} \{ eff_1\_tret=1, eff_2\_tret=0.001, beg_1\_tret=185 \} => \{ P \} \\ \begin{cases} 0.001 \\ 0.536 \end{cases} $	[101]	{godina=2009,eff_2_tret=1,tretman=adu_adu}	=>	{P}	0.002	0.536	2.122	3
$[103]$ {godina=2007.eff 1 tret=0.001.eff 2 tret=0.5} => (p) 0.001 0.534	[102]	$\{eff\_1\_tret=1, eff\_2\_tret=0.001, beg\_1\_tret=185\}$	=>	{P}	0.001	0.536	2.120	3
	[103]	{godina=2007,eff_1_tret=0.001,eff_2_tret=0.5}	=>	{P}	0.001	0.534	2.112	3

[104]	{godina=2007,eff_1_tret=0.005,eff_2_tret=0.5}	=>	{ <b>P</b> }	0.001	0.528	2.091	3
[105]	{godina=2015,eff_2_tret=1,dur_tret=3}	=>	{P}	0.003	0.527	2.084	3
[106]	{godina=2015,eff_1_tret=1,dist_tret=50}	=>	{P}	0.001	0.526	2.081	3
[107]	{godina=2012,eff_2_tret=1,dur_tret=3}	=>	{P}	0.003	0.526	2.079	3
[108]	{godina=2015,eff_2_tret=0.001,dur_tret=7}	=>	{P}	0.001	0.521	2.062	3
[109]	{eff_1_tret=1,dur_tret=3,beg_1_tret=215}	=>	{P}	0.001	0.518	2.051	3
[110]	{godina=2015,eff_1_tret=1,dur_tret=3}	=>	{P}	0.003	0.518	2.051	3
[111]	{godina=2009,dur_tret=5,tretman=adu_adu}	=>	{P}	0.001	0.516	2.040	3
[112]	{godina=2012,eff_1_tret=1,dur_tret=3}	=>	{P}	0.003	0.515	2.039	3
[113]	{godina=2007,dur_tret=5,tretman=adu_adu}	=>	{P}	0.002	0.514	2.032	3
[114]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=200,tretman=lar_adu}	=>	{P}	0.001	0.512	2.026	3
[115]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=200,tretman=lar_lar}	=>	{P}	0.001	0.511	2.020	3
[116]	{godina=2015,eff_2_tret=1,dist_tret=28}	=>	{P}	0.001	0.508	2.009	3
[117]	{eff_1_tret=1,dur_tret=7,beg_1_tret=220}	=>	{P}	0.001	0.506	2.000	3
[118]	{godina=2012,eff_1_tret=0.001,eff_2_tret=1}	=>	{P}	0.002	0.505	1.997	3
[119]	{godina=2015,dur_tret=2,tretman=adu_lar}	=>	{P}	0.001	0.503	1.989	3
[120]	{godina=2015,eff_1_tret=0.001,dur_tret=7}	=>	{P}	0.001	0.503	1.989	3
[121]	{godina=2012,eff_1_tret=0.005,eff_2_tret=1}	=>	{P}	0.002	0.502	1.988	3
[122]	{eff_1_tret=1,dur_tret=2,beg_1_tret=160}	=>	{P}	0.001	0.502	1.985	3
[123]	{godina=2015,dur_tret=7,tretman=adu_adu}	=>	{P}	0.002	0.502	1.984	3
[124]	{godina=2015,eff_1_tret=0.5,dur_tret=5}	=>	{P}	0.002	0.501	1.982	3
[125]	{godina=2015,eff_1_tret=1,tretman=adu_lar}	=>	{P}	0.002	0.500	1.980	3
[126]	{eff_1_tret=0.5,dur_tret=7,beg_1_tret=185}	=>	{P}	0.001	0.500	1.979	3



Slika 4.316. Asocijativna pravila povezana sa ishodom razine opterećenja P (povećanje odrasle populacije za 5%-10%). Prikazana su asocijativna pravila sa vjerojatnosti većom od 80%.

Dubinskim istraživanjem podataka (parametri: podrška=0.001, pouzdanost=0.5) za ishod PP (povećanje brojnosti odrasle populacije za 10%-30%) pronađeno je 31 asocijativno pravilo (15 pravila sa 2 uvjeta i 10 pravila sa 3 uvjeta i 5 pravila sa 4 uvjeta) (Slika 4.317 i Tablica 4.44). Algoritmom su detektirani kritični dani u godini tijekom 2007. godine u kojima tretmani dovode do povećanja brojnosti odrasle populacije (ishod=PP, povećanje od 10-30%) (vjerojatnost, p>50%). Pregledom ostalih asocijativnih pravila uočava se da u pojedinim godinama, tretmani  $lar_lar$  te  $lar_adu$  u kombinaciji s ostalim parametrima mogu dovesti do povećanja brojnosti odrasle populacije.

	lhs		rhs		pouzdanost	K.i.	n(lhs)
[1]	{godina=2007,beg_1_tret=140}	=>	{PP}	0.002	0.689	4.794	2
[2]	{godina=2007,beg_1_tret=150}	=>	{PP}	0.003	0.662	4.605	2
[3]	{godina=2007,beg_1_tret=130}	=>	{PP}	0.002	0.605	4.208	2
[4]	{godina=2007,beg_1_tret=145}	=>	{PP}	0.002	0.600	4.170	2
[5]	{godina=2007,beg_1_tret=175}	=>	$\{PP\}$	0.002	0.577	4.012	2
[6]	{godina=2008,beg_1_tret=150}	=>	{ <b>PP</b> }	0.001	0.575	4.000	2
[7]	{godina=2007,beg_1_tret=160}	=>	$\{PP\}$	0.002	0.564	3.922	2
[8]	{godina=2007,beg_1_tret=170}	=>	$\{PP\}$	0.002	0.549	3.816	2
[9]	{godina=2009,beg_1_tret=175}	=>	$\{PP\}$	0.002	0.548	3.814	2
[10]	{godina=2007,beg_1_tret=180}	=>	$\{PP\}$	0.001	0.543	3.779	2
[11]	{godina=2007,beg_1_tret=135}	=>	$\{PP\}$	0.002	0.538	3.741	2
[12]	{godina=2013,beg_1_tret=140}	=>	{ <b>PP</b> }	0.002	0.536	3.725	2
[13]	{godina=2007,beg_1_tret=155}	=>	$\{PP\}$	0.001	0.528	3.672	2
[14]	{godina=2015,beg_1_tret=235}	=>	{ <b>PP</b> }	0.001	0.512	3.559	2
[15]	{godina=2013,beg_1_tret=135}	=>	$\{PP\}$	0.002	0.511	3.555	2
[16]	$\{godina=2007, eff_1\_tret=1, beg_1\_tret=140\}$	=>	{ <b>PP</b> }	0.001	0.872	6.061	3
[17]	{godina=2007,eff_1_tret=1,beg_1_tret=150}	=>	{ <b>PP</b> }	0.001	0.840	5.844	3
[18]	{godina=2007,eff_2_tret=1,beg_1_tret=140}	=>	{ <b>PP</b> }	0.001	0.770	5.354	3
[19]	$\{godina=2007, eff_1\_tret=1, beg_1\_tret=175\}$	=>	$\{PP\}$	0.001	0.694	4.828	3
[20]	{godina=2013,beg_1_tret=140,tretman=lar_lar}	=>	{PP}	0.001	0.607	4.220	3
[21]	{godina=2007,eff_1_tret=1,beg_1_tret=135}	=>	{PP}	0.001	0.579	4.027	3
[22]	{godina=2013,beg_1_tret=135,tretman=lar_lar}	=>	{PP}	0.001	0.565	3.929	3
[23]	{eff_1_tret=1,dur_tret=5,beg_1_tret=180}	=>	{PP}	0.001	0.510	3.549	3
[24]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=180,tretman=lar_adu}	=>	{PP}	0.002	0.504	3.508	3
[25]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=235,tretman=lar_adu}	=>	{PP}	0.001	0.501	3.482	3

Tablica 4.44. Pravila povezana s ishodom razine opterećenja = PP (povećanje brojnosti odrasle populacije za 10-30%). Pravila su analizirana sa parametrima: podrška =0.001, pouzdanost =0.50. U tablici su prikazana sva pravila.



Slika 4.317. Asocijativna pravila povezana sa ishodom razine opterećenja PP (povećanje odrasle populacije za 10-30%). Prikazana su asocijativna pravila sa vjerojatnosti većom od 70%.

#### 4.7.2. Simulacije dva bloka tretiranja na vrsti Culex pipiens

Pregled i analiza rezultata svih kombinacija simulacija u dva bloka tretiranja kroz jedanaestogodišnje razdoblje pokazuju da je maksimalan mogući efekt bilo u smanjenju ili povećanju brojnosti odrasle populacije različit po godinama i za pojedine kombinacije tretiranja (Tablica 4.45). Kombinacijom tretiranja u kojoj su oba tretmana adulticidna (adu\_adu) u većem broju godina tijekom jedanaestogodišnjeg bilo je moguće postići veći efekt smanjenja u odnosnu na maksimalni mogu učinak povećanja. U 2005., 2009. i 2011. godini pojedine kombinacije tretiranja uzrokovale su veće moguće maksimalno povećanje populacije, u odnosu na maksimalno smanjenje koje je bilo moguće postići. U kombinaciji tretiranja adu\_adu najveće moguće maksimalno smanjenje brojnosti odrasle populacije postignuto je u 2008. godini sa smanjenjem odrasle populacije za 81.41%; najveći negativan učinak postignut je u 2005. godini sa povećanjem brojnosti odrasle populacije za 99.27%. Kombinacija tretmana *lar adu* promatrana kroz jedanaestogodišnje razdoblje omogućila je postizanje maksimalnog mogućeg smanjenja odrasle populacije 81.41%, također u 2008. godini, dok je najveći negativan učinak postignut u 2005. godini sa povećanjem brojnosti odrasle populacije od 86.6%. U kombinacijama tretmana I maksimalno smanjenje brojnosti odraslih iznosilo je 81.41% (2008.) a najveći negativan učinak pojavljuje se u 2011. godini sa porastom odrasle populacije od čak 112.61%. Isti rezultat dobiven je u kombinaciju u kojoj su oba tretmana larvicidna.

Ukoliko bi promatrali ishode maksimalno mogućeg povećanja i maksimalno mogućeg smanjenja uočava se da kombinacija *adu\_adu* u većem broju godina omogućuje postizanje većeg pozitivnog učinka (72.72%), dok su negativni učinci izraženi u manjoj mjeri. Kombinacije tretiranja u kojima je prvi tretman larvicidni ili su oba larvicidna imaju veći potencijal ostvarivanja maksimalnog negativnog učinka (45,45%). Apsolutno najveće postignuto smanjenje u promatranom razdoblju u brojnosti odrasle populacije iznosi 81.41% (2008. godina), a apsolutno najveći negativan učinak (povećanje brojnosti odraslih jedinki) postignut je u 2011. godini sa kombinacijama tretiranja *lar\_adu* i *lar\_lar* i iznosi 112.61%. Ovi rezultati pokazuju da je nemoguće postići jednak maksimalan učinak u svim godinama. Također, vidljivo je da postoje godine u kojima loše odrađeni tretmani imaju znatno jači negativan učinak pa je i samo provođenje tretmana u tim godinama "opasnije".

Tablica 4.45. Postotak maksimalno postignutog smanjenja (maks. S) i maksimalnog postignutog povećanja (maks. P) u opterećenju odraslom populacijom vrste Culex pipiens po godinama za pojedine simulacije kombinacija tretmana (adu\_adu = 1. i 2. tretman adulticidni; adu\_lar = 1. tretman adulticidni 2. tretman larvicidni; lar\_adu = 1. tretman larvicidni 2. tretman adulticidni; lar\_lar = 1. i 2. tretman larvicidni.

	adu_adu		adu	_lar	lar	_adu	lar	_lar
goaina	maks. S	maks P.						
2005	70.23	99.27	70.23	86.60	69.73	100.98	69.73	100.98
2006	74.06	36.08	74.06	60.74	73.63	37.16	73.63	37.16
2007	69.52	42.36	69.52	28.70	69.01	35.54	69.01	35.54
2008	81.41	34.06	81.41	48.69	81.10	43.89	81.10	43.89
2009	74.54	82.01	74.54	66.99	74.11	88.03	74.11	88.03
2010	71.69	66.44	71.69	54.64	71.22	75.02	71.22	75.02
2011	73.95	92.02	73.95	83.30	73.51	112.61	73.51	112.61
2012	77.88	16.75	77.88	21.68	77.51	36.18	77.51	36.18
2013	69.06	38.91	69.06	43.60	68.54	51.95	68.54	51.95
2014	38.91	27.60	43.60	43.92	51.95	34.19	51.95	34.19
2015	77.19	70.76	77.19	81.02	76.81	89.27	76.81	89.27

Na temelju prethodno definiranih mogućih ishoda tretmana za dva bloka tretiranja (sve kombinacije tretiranja) za jedanaestogodišnje razdoblje izračunate su vjerojatnosti pojedinih ishoda (Tablica 4.46). Iz analize je vidljivo da 64.86% od svih testiranih kombinacija tretiranja tijekom jedanaestogodišnjeg razdoblja rezultira ishodom u kojem primijenjeni tretmani nemaju zadovoljavajući učinak, odnosno promjena u opterećenju populacijom manja je od  $\pm 5\%$ . Ukupno 28,86% od svih simuliranih tretmana rezultira smanjenjem brojnosti odrasle populacije, od čega se 8.87% tretmana može smatrati malim smanjenjem brojnosti (*S* - smanjenje brojnosti od 5 do 10%), 16.75% tretmana rezultira smanjenjem brojnosti odrasle populacije (SSS – smanjenje brojnosti populacije veće od 30%). Ukupno 6.26% od svih simuliranih tretmana rezultiralo je negativnim učinkom, odnosno tretmani su doveli do povećanja brojnosti odrasle populacije. Od toga 2.74% tretmana dovodi do malog povećanja brojnosti odrasle populacije (*P* – povećanje od 5% do 10%), 2.55% dovodi do povećanja brojnosti odrasle populacije (*PPP* – povećanje brojnosti veće od 30%).

Tablica 4.46. Mogući ishodi i vjerojatnosti pojedinih ishoda izračunati na temelju svih simuliranih kombinacija tretmana u jedanaestogodišnjem razdoblju.

mogući isho	od bro	j pozitivnih ishoda	ukupan broj ishoda	vjerojatnost ishoda [%]
S	SS 13	5,829	3,845,952	3.53
	SS 64	4,315	3,845,952	16.75
	<i>S</i> 32	9,957	3,845,952	8.57
	0 2,4	194,821	3,845,952	64.86
	P 10	5,398	3,845,952	2.74
P	PP 98	,372	3,845,952	2.5
PF	PP 37	,260	3,845,952	0.96

Dubinsko istraživanje podatka (eng. *Data mining*) simulacija tretiranja za vrstu *Culex pipiens* pokazuje da je iz izvedenih simulacija moguće definirati asocijativna pravila vezana uz ishode *S*, *SS*, *S* te *PP* i *PPP* sa parametrima pretraživanja *min. podrška* =0.001 i *min. pouzdanost* =0.50.



Slika 4.318. Rezultat dubinskog pretraživanja podataka apriori algoritmom za dva bloka tretiranja za vrstu Culex pipiens. Pronađena su asocijativna pravila povezana s ishodima: razina opterećenja =S (malo smanjenje odrasle populacije, 5% do 10% smanjenja); razina opterećenja = SS (smanjenje brojnosti odrasle populacije, 10% do 30% smanjenja); razina opterećenja = SSS (veliko smanjenje brojnosti odrasle populacije, veće od 30%); razina opterećenja = PP (povećanje brojnosti odrasle populacije od 10% do 30%); razina opterećenja = PPP (povećanje brojnosti odrasle populacije od 10% do 30%). Algoritam ne nalazi asocijativna pravila vezane uz razinu opterećenja = P (malo povećanje brojnosti odrasle populacije, 5% do 10%).

Pronađena asocijativna pravila dubinskog istraživanja podataka povezana s ishodom razina opterećenja = S (smanjenje brojnosti odrasle populacije od 5% do 10%) prikazani su Tablici 4.47 i na Slici 4.195. Dubinskim pretraživanjem cjelokupnog seta podataka sa parametrima pretraživanja: *podrška=0.001, pouzdanost=0.5* pronađeno je ukupno 164 asocijativnih pravila (34 asocijativna pravila sa dva uvjeta i 130 asocijativnih pravila sa tri uvjeta). Analizom pronađenih asocijativnih vidljivo je da tretmani sa učinkovitošću između 20% i 50%, s vremenom početka prvog tretmana od 95. do 105. dana u godini (5.4. do 15. 4), bez obzira na sve ostale parametre tretmana dovođe do smanjenja odrasle populacije od 5% do 10% (pouzdanost 50-55%). U asocijativnim pravilima sa tri uvjeta može se uočiti da ukoliko prvi primijenjen tretman ima učinkovitost od 50% u smanjenju populacije, a primijenjen je u periodu od 80. do 100. dana u godini (21.3. do 10.4.) dolazi do smanjenja brojnosti odraslih, pri čemu se kombinacija tretmana u kojem je prvi adulticidni a drugi larvicidni pojavljuje s nešto većom pouzdanošću (>60%) u asocijativnim pravilima.

Gledano na razini pojedinih godina, u 2006. godini učinkovitosti prvog i drugog tretmana od 20%, bez obzira na sve ostale parametre dovode do smanjenja brojnosti odrasle populacije (ishod = S, pouzdanost 50%). U 2007. godini tretmani primijenjeni pred kraj godine rezultiraju pozitivnim učinkom i smanjenjem odrasle populacije od 5-10%. Za 2010. godinu, asocijativna pravila pokazuju da tretmani primijenjeni od 100. do 105. dana u godini rezultiraju smanjenjem brojnosti odraslih (pouzdanost veća od 60%), također, tretmani sa učinkovitostima od 0.1% do 20% dovode do smanjenja brojnosti odrasle populacije od 5-10%. Kombinacija adulticidnog i larvicidnog tretmana izdvaja se kao učinkovita u 2010. godini (pouzdanost 50-59%). Za 2014. godinu izdvajaju se slična pravila kao i za 2010. godinu, pa

tretman primijenjen oko 105. dana u godini, i tretman primijenjen kasnije tijekom reproduktivne sezone dovode do smanjenja brojnosti odrasle populacije (ishod = S).

Tablica 4.47. Asocijativna pravila povezana s ishodom razine opterećenja = S (smanjenje brojnosti odrasle populacije za 5%-10%). Asocijativna pravila su pretraživana sa parametrima: podrška =0.001, pouzdanost =0.50. U tablici su prikazana sva pronađena asocijativna pravila za ishod S.

	lhs		rhs	podrška	pouzdanost	<i>K.I</i> .	n (lhs)
[1]	{godina=2014,beg_1_tret=270}	=>	<b>{S}</b>	0.001	1.00	4.09	2
[2]	{godina=2014,beg_1_tret=275}	=>	$\{S\}$	0.001	1.00	4.09	2
[3]	{godina=2007,beg_1_tret=260}	=>	$\{S\}$	0.001	1.00	4.09	2
[4]	{godina=2014,beg_1_tret=280}	=>	$\{S\}$	0.001	1.00	4.09	2
[5]	{godina=2007,beg_1_tret=265}	=>	$\{S\}$	0.001	1.00	4.09	2
[6]	{godina=2010,beg_1_tret=105}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.87	3.58	2
[7]	{godina=2010,beg_1_tret=230}	=>	$\{S\}$	0.001	0.79	3.23	2
[8]	{godina=2014,beg_1_tret=265}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.75	3.08	2
[9]	{godina=2009,beg_1_tret=100}	=>	$\{S\}$	0.001	0.75	3.07	2
[10]	{godina=2007,beg_1_tret=110}	=>	$\{S\}$	0.001	0.68	2.77	2
[11]	{godina=2007,beg_1_tret=255}	=>	$\{S\}$	0.001	0.63	2.57	2
[12]	{godina=2014,beg_1_tret=255}	=>	$\{S\}$	0.001	0.61	2.51	2
[13]	{godina=2010,tretman=lar_adu}	=>	$\{S\}$	0.006	0.59	2.40	2
[14]	{godina=2010,eff_1_tret=0.05}	=>	$\{S\}$	0.003	0.58	2.39	2
[15]	{godina=2010,eff_1_tret=0.2}	=>	$\{S\}$	0.005	0.56	2.28	2
[16]	{godina=2014,beg_1_tret=260}	=>	$\{S\}$	0.001	0.55	2.27	2
[17]	{eff_1_tret=0.2,beg_1_tret=95}	=>	$\{S\}$	0.002	0.55	2.25	2
[18]	{godina=2007,tretman=lar_adu}	=>	$\{S\}$	0.007	0.55	2.24	2
[19]	{godina=2006,eff_2_tret=0.2}	=>	$\{S\}$	0.006	0.55	2.24	2
[20]	{beg_1_tret=145,tretman=adu_adu}	=>	$\{S\}$	0.002	0.54	2.23	2
[21]	{godina=2010,eff_2_tret=0.2}	=>	$\{S\}$	0.005	0.54	2.22	2
[22]	{godina=2006,eff_1_tret=0.2}	=>	$\{S\}$	0.006	0.53	2.19	2
[23]	{eff_1_tret=0.5,beg_1_tret=100}	=>	$\{S\}$	0.003	0.53	2.18	2
[24]	{godina=2006,tretman=lar_adu}	=>	$\{S\}$	0.008	0.53	2.17	2
[25]	{godina=2014,tretman=lar_adu}	=>	$\{S\}$	0.010	0.52	2.12	2
[26]	{godina=2014,tretman=adu_adu}	=>	$\{S\}$	0.011	0.51	2.11	2
[27]	{godina=2013,eff_1_tret=0.05}	=>	$\{S\}$	0.002	0.51	2.10	2
[28]	{godina=2010,eff_1_tret=0.005}	=>	$\{S\}$	0.002	0.51	2.10	2
[29]	{godina=2014,beg_1_tret=105}	=>	$\{S\}$	0.001	0.51	2.08	2
[30]	{godina=2010,eff_1_tret=0.001}	=>	$\{S\}$	0.002	0.51	2.08	2
[31]	{godina=2010,tretman=adu_lar}	=>	$\{S\}$	0.006	0.50	2.07	2
[32]	{godina=2010,dur_tret=2}	=>	$\{S\}$	0.005	0.50	2.05	2
[33]	{eff_1_tret=0.5,beg_1_tret=105}	=>	$\{S\}$	0.002	0.50	2.05	2
[34]	{godina=2007,eff_1_tret=0.05}	=>	$\{S\}$	0.003	0.50	2.05	2
[35]	$\{eff\_1\_tret=0.5, beg\_1\_tret=100, tretman=adu\_lar\}$	=>	$\{S\}$	0.001	0.62	2.53	3
[36]	$\{eff\_1\_tret=0.5, beg\_1\_tret=100, tretman=adu\_adu\}$	=>	$\{S\}$	0.001	0.63	2.58	3
[37]	{eff_1_tret=0.5,beg_1_tret=95,tretman=adu_lar}	=>	$\{S\}$	0.001	0.50	2.06	3
[38]	$\{eff\_1\_tret=0.2, beg\_1\_tret=85, tretman=adu\_lar\}$	=>	$\{S\}$	0.001	0.65	2.64	3
[39]	{eff_1_tret=0.2,beg_1_tret=80,tretman=adu_lar}	=>	$\{S\}$	0.001	0.51	2.09	3
[40]	{godina=2013,dur_tret=1,tretman=lar_lar}	=>	$\{S\}$	0.001	0.57	2.35	3

[41]	{godina=2013,eff_2_tret=0.2,tretman=lar_lar}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.66	2.70	3
[42]	{godina=2013,eff_1_tret=0.2,tretman=lar_lar}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.65	2.67	3
[43]	{godina=2013,dur_tret=2,tretman=lar_lar}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.55	2.26	3
[44]	{godina=2010,eff_1_tret=0.05,dur_tret=7}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.61	2.49	3
[45]	{godina=2010,eff_2_tret=0.2,dur_tret=3}	=>	$\{S\}$	0.001	0.59	2.40	3
[46]	{godina=2010,eff_2_tret=0.2,tretman=lar_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.70	2.88	3
[47]	{godina=2010,eff_2_tret=0.2,dur_tret=5}	=>	$\{S\}$	0.001	0.52	2.14	3
[48]	{godina=2010,eff_2_tret=0.2,tretman=adu_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.51	2.09	3
[49]	{godina=2010,eff_1_tret=0.2,dur_tret=2}	=>	$\{S\}$	0.001	0.71	2.89	3
[50]	{godina=2010,eff_1_tret=0.2,dur_tret=3}	=>	$\{S\}$	0.001	0.59	2.42	3
[51]	{godina=2010,eff_1_tret=0.2,eff_2_tret=0.5}	=>	$\{S\}$	0.001	0.53	2.15	3
[52]	{godina=2010,eff_1_tret=0.2,dur_tret=5}	=>	$\{S\}$	0.001	0.50	2.06	3
[53]	{godina=2010,eff_1_tret=0.2,tretman=adu_lar}	=>	$\{S\}$	0.001	0.62	2.54	3
[54]	{godina=2010,eff_1_tret=0.2,tretman=adu_adu}	=>	$\{S\}$	0.001	0.56	2.29	3
[55]	{godina=2010,dur_tret=2,tretman=lar_adu}	=>	$\{S\}$	0.001	0.62	2.53	3
[56]	{godina=2010,eff_2_tret=0.5,dur_tret=2}	=>	$\{S\}$	0.001	0.50	2.05	3
[57]	{godina=2010,dur_tret=2,tretman=adu_lar}	=>	$\{S\}$	0.001	0.55	2.26	3
[58]	{godina=2010,dur_tret=3,tretman=lar_adu}	=>	$\{S\}$	0.001	0.60	2.46	3
[59]	{godina=2010,dur_tret=3,tretman=adu_lar}	=>	$\{S\}$	0.001	0.50	2.06	3
[60]	{godina=2010,eff_2_tret=0.5,tretman=lar_adu}	=>	$\{S\}$	0.002	0.56	2.29	3
[61]	{godina=2010,eff_1_tret=0.5,tretman=lar_adu}	=>	$\{S\}$	0.001	0.64	2.63	3
[62]	{godina=2010,dur_tret=5,tretman=lar_adu}	=>	$\{S\}$	0.002	0.59	2.40	3
[63]	{godina=2010,dur_tret=7,tretman=lar_adu}	=>	$\{S\}$	0.002	0.55	2.26	3
[64]	{godina=2010,eff_1_tret=1,tretman=lar_adu}	=>	$\{S\}$	0.002	0.57	2.35	3
[65]	{godina=2010,eff_2_tret=1,tretman=lar_adu}	=>	$\{S\}$	0.002	0.52	2.12	3
[66]	{godina=2010,eff_2_tret=0.5,tretman=adu_lar}	=>	$\{S\}$	0.001	0.57	2.32	3
[67]	{godina=2010,eff_2_tret=0.5,tretman=adu_adu}	=>	$\{S\}$	0.002	0.51	2.10	3
[68]	{godina=2010,dur_tret=5,tretman=adu_lar}	=>	$\{S\}$	0.002	0.51	2.07	3
[69]	{godina=2010,eff_2_tret=1,tretman=adu_lar}	=>	$\{S\}$	0.002	0.52	2.13	3
[70]	{godina=2010,eff_2_tret=1,tretman=adu_adu}	=>	$\{S\}$	0.002	0.51	2.07	3
[71]	{godina=2007,eff_1_tret=0.05,dur_tret=7}	=>	$\{S\}$	0.001	0.54	2.20	3
[72]	{godina=2007,eff_1_tret=0.05,tretman=adu_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.61	2.49	3
[73]	{godina=2007,eff_2_tret=0.2,tretman=lar_adu}	=>	$\{S\}$	0.001	0.61	2.52	3
[74]	{godina=2007,eff_1_tret=0.2,dur_tret=2}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.58	2.38	3
[75]	{godina=2007,eff_1_tret=0.2,tretman=adu_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.51	2.09	3
[76]	{godina=2007,dur_tret=2,tretman=lar_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.59	2.40	3
[//]	{godina=2007,dur_tret=3,tretman=lar_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.57	2.32	3
[/8]	{godina=2007,eff_2_tret=0.5,tretman=lar_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.53	2.18	3
[/9]	{godina=2007,eff_1_tret=0.5,tretman=lar_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.55	2.24	3
[80]	{godina=2007,dur_tret=5,tretman=lar_adu}	=>	{S}	0.002	0.53	2.17	3
[81]	{godina=2007,dur_tret=7,tretman=lar_adu}	=>	{ <b>S</b> }	0.002	0.51	2.07	3
[82]	{godina=2007,eff_2_tret=1,tretman=lar_adu}	=>	{S}	0.003	0.54	2.20	3
[05]	{godina=2007,eff_2_tret=0.5,tretman=adu_adu}	=>	{S}	0.002	0.50	2.06	3
[04]	{godina=2007,eff_2_tret=1,tretman=adu_adu}	=>	{S}	0.003	0.52	2.13	3
[00] [86]	{godina=2006,dur_tret=1,tretman=lar_adu}	=>	{S}	0.001	0.56	2.30	3
[00] [971	{godina=2006,ett_2_tret=0.5,dur_tret=1}	=>	{S}	0.001	0.71	2.91	3
[0/]	{godina=2006,eff_1_tret=0.5,dur_tret=1}	=>	{ <b>S</b> }	0.001	0.67	2.75	3

[88]	{godina=2006,eff_1_tret=0.2,eff_2_tret=0.2}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.66	2.70	3
[89]	{godina=2006,eff_2_tret=0.2,dur_tret=2}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.62	2.56	3
[90]	{godina=2006,eff_2_tret=0.2,dur_tret=3}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.64	2.62	3
[91]	{godina=2006,eff_2_tret=0.2,tretman=lar_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.78	3.18	3
[92]	{godina=2006,eff_2_tret=0.2,dur_tret=5}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.54	2.23	3
[93]	{godina=2006,eff_2_tret=0.2,tretman=adu_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.55	2.25	3
[94]	{godina=2006,eff_1_tret=0.2,dur_tret=2}	=>	{S}	0.001	0.68	2.77	3
[95]	{godina=2006,eff_1_tret=0.2,dur_tret=3}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.64	2.61	3
[96]	{godina=2006,eff_1_tret=0.2,tretman=lar_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.54	2.23	3
[97]	{godina=2006,eff_1_tret=0.2,dur_tret=5}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.52	2.12	3
[98]	{godina=2006,eff_1_tret=0.2,tretman=adu_lar}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.70	2.86	3
[99]	{godina=2006,dur_tret=2,tretman=lar_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.58	2.39	3
[100]	{godina=2006,eff_2_tret=0.5,dur_tret=2}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.53	2.16	3
[101]	{godina=2006,dur_tret=2,tretman=adu_lar}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.54	2.21	3
[102]	{godina=2006,dur_tret=3,tretman=lar_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.57	2.35	3
[103]	{godina=2006,dur_tret=3,tretman=adu_lar}	=>	$\{S\}$	0.002	0.51	2.09	3
[104]	{godina=2006,eff_2_tret=0.5,tretman=lar_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.51	2.10	3
[105]	{godina=2006,eff_1_tret=0.5,tretman=lar_adu}	=>	$\{S\}$	0.002	0.60	2.47	3
[106]	{godina=2006,dur_tret=5,tretman=lar_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.51	2.08	3
[107]	{godina=2006,eff_1_tret=1,tretman=lar_adu}	=>	$\{S\}$	0.002	0.57	2.31	3
[108]	{godina=2006,eff_2_tret=0.5,tretman=adu_lar}	=>	$\{S\}$	0.002	0.58	2.38	3
[109]	{godina=2006,eff_2_tret=1,tretman=adu_lar}	=>	$\{S\}$	0.002	0.52	2.14	3
[110]	{godina=2011,eff_2_tret=0.5,dur_tret=1}	=>	$\{S\}$	0.002	0.60	2.44	3
[111]	{godina=2011,eff_1_tret=0.5,dur_tret=1}	=>	$\{S\}$	0.002	0.57	2.35	3
[112]	{godina=2011,eff_1_tret=0.2,eff_2_tret=0.2}	=>	$\{S\}$	0.001	0.51	2.10	3
[113]	{godina=2011,eff_2_tret=0.2,dur_tret=3}	=>	$\{S\}$	0.002	0.51	2.09	3
[114]	{godina=2011,eff_2_tret=0.2,tretman=lar_adu}	=>	$\{S\}$	0.002	0.60	2.45	3
[115]	{godina=2011,eff_1_tret=0.2,dur_tret=2}	=>	$\{S\}$	0.001	0.53	2.18	3
[116]	{godina=2011,eff_1_tret=0.2,tretman=adu_lar}	=>	$\{S\}$	0.002	0.54	2.22	3
[117]	{godina=2009,eff_2_tret=0.5,dur_tret=1}	=>	$\{S\}$	0.002	0.60	2.45	3
[118]	{godina=2009,eff_1_tret=0.5,dur_tret=1}	=>	$\{S\}$	0.001	0.54	2.21	3
[119]	{godina=2009,eff_1_tret=0.2,eff_2_tret=0.2}	=>	$\{S\}$	0.001	0.53	2.18	3
[120]	{godina=2009,eff_2_tret=0.2,dur_tret=2}	=>	$\{S\}$	0.001	0.55	2.26	3
[121]	{godina=2009,eff_2_tret=0.2,dur_tret=3}	=>	$\{S\}$	0.002	0.53	2.18	3
[122]	{godina=2009,eff_2_tret=0.2,tretman=lar_adu}	=>	$\{S\}$	0.002	0.57	2.34	3
[123]	{godina=2009,eff_1_tret=0.2,dur_tret=2}	=>	$\{S\}$	0.001	0.58	2.39	3
[124]	{godina=2009,eff_1_tret=0.2,dur_tret=3}	=>	$\{S\}$	0.002	0.53	2.15	3
[125]	{godina=2009,eff_1_tret=0.2,tretman=adu_lar}	=>	$\{S\}$	0.002	0.54	2.20	3
[126]	{godina=2005,eff_2_tret=0.5,dur_tret=1}	=>	$\{S\}$	0.002	0.54	2.20	3
[127]	{godina=2005,eff_2_tret=0.2,tretman=lar_adu}	=>	$\{S\}$	0.002	0.52	2.12	3
[128]	{godina=2014,dist_tret=21,tretman=adu_adu}	=>	$\{S\}$	0.001	0.52	2.12	3
[129]	{godina=2014,dist_tret=14,tretman=adu_adu}	=>	$\{S\}$	0.001	0.52	2.12	3
[130]	{godina=2014,dist_tret=7,tretman=adu_adu}	=>	$\{S\}$	0.001	0.52	2.12	3
[131]	{godina=2014,dist_tret=5,tretman=adu_adu}	=>	$\{S\}$	0.001	0.51	2.10	3
[132]	{godina=2014,dist_tret=2,tretman=adu_adu}	=>	$\{S\}$	0.001	0.50	2.07	3
[133]	{godina=2014,dist_tret=3,tretman=adu_adu}	=>	$\{S\}$	0.001	0.51	2.08	3
[134]	{godina=2014,dist_tret=1,tretman=adu_adu}	=>	$\{S\}$	0.001	0.51	2.09	3

[135]	{godina=2014,dist_tret=0,tretman=adu_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.51	2.09	3
[136]	{godina=2014,eff_1_tret=0.001,tretman=lar_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.62	2.53	3
[137]	{godina=2014,eff_1_tret=0.001,tretman=adu_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.62	2.53	3
[138]	{godina=2014,eff_1_tret=0.005,tretman=lar_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.62	2.53	3
[139]	{godina=2014,eff_1_tret=0.005,tretman=adu_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.62	2.52	3
[140]	{godina=2014,eff_2_tret=0.05,tretman=adu_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.51	2.11	3
[141]	{godina=2014,eff_1_tret=0.05,eff_2_tret=0.2}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.57	2.34	3
[142]	{godina=2014,eff_1_tret=0.05,tretman=lar_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.62	2.55	3
[143]	{godina=2014,eff_1_tret=0.05,tretman=adu_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.62	2.55	3
[144]	{godina=2014,dur_tret=1,tretman=lar_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.53	2.17	3
[145]	{godina=2014,dur_tret=1,tretman=adu_lar}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.52	2.11	3
[146]	{godina=2014,dur_tret=1,tretman=adu_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.59	2.40	3
[147]	{godina=2014,eff_1_tret=0.2,eff_2_tret=0.2}	=>	<b>{S}</b>	0.001	0.52	2.12	3
[148]	{godina=2014,eff_2_tret=0.2,tretman=lar_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.64	2.63	3
[149]	{godina=2014,eff_2_tret=0.2,tretman=adu_lar}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.54	2.22	3
[150]	{godina=2014,eff_2_tret=0.2,tretman=adu_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.60	2.46	3
[151]	{godina=2014,eff_1_tret=0.2,dur_tret=2}	=>	$\{S\}$	0.001	0.54	2.20	3
[152]	{godina=2014,eff_1_tret=0.2,tretman=lar_adu}	=>	$\{S\}$	0.002	0.64	2.61	3
[153]	{godina=2014,eff_1_tret=0.2,tretman=adu_lar}	=>	$\{S\}$	0.002	0.57	2.34	3
[154]	{godina=2014,eff_1_tret=0.2,tretman=adu_adu}	=>	$\{S\}$	0.002	0.60	2.45	3
[155]	{godina=2014,dur_tret=2,tretman=lar_adu}	=>	$\{S\}$	0.002	0.58	2.38	3
[156]	{godina=2014,dur_tret=2,tretman=adu_lar}	=>	$\{S\}$	0.002	0.53	2.17	3
[157]	{godina=2014,dur_tret=2,tretman=adu_adu}	=>	$\{S\}$	0.002	0.58	2.36	3
[158]	{godina=2014,dur_tret=3,tretman=lar_adu}	=>	$\{S\}$	0.002	0.52	2.14	3
[159]	{godina=2014,dur_tret=3,tretman=adu_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.53	2.15	3
[160]	{godina=2014,eff_2_tret=0.5,tretman=lar_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.003	0.57	2.33	3
[161]	{godina=2014,eff_1_tret=0.5,tretman=lar_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.52	2.11	3
[162]	{godina=2014,dur_tret=5,tretman=lar_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.002	0.50	2.07	3
[163]	{godina=2014,eff_2_tret=0.5,tretman=adu_adu}	=>	<b>{S}</b>	0.003	0.54	2.21	3
[164]	{eff_1_tret=0.2,dur_tret=2,tretman=adu_lar}	=>	<b>{S}</b>	0.004	0.52	2.12	3



Slika 4.319. Asocijativna pravila povezana sa ishodom razine opterećenja S (smanjenje brojnosti odrasle populacije od 5% do 10%). Prikazana su samo pravila sa pouzdanosti većom od 95%.

Pronađena asocijativna pravila dubinskog istraživanja podataka povezana s ishodom razina opterećenja = SS (smanjenje brojnosti odrasle populacije od 10% do 30%) prikazani su u Tablici 4.48 i na Slici 4.195. Dubinskim pretraživanjem cjelokupnog seta podataka sa parametrima pretraživanja: podrška=0.001, pouzdanost=0.5 pronađeno je ukupno 184 asocijativnih pravila (21 asocijativno pravilo sa jednim uvjetom, 113 asocijativna pravila sa dva uvjeta i 1500 asocijativnih pravila sa tri uvjeta).

Analizom pronađenih asocijativnih pravila, posebice pravila sa jednim uvjetom, vidljivo je da početak tretmana, rano u reproduktivnoj sezoni (60. do 65. dan u godini; 90., 95. dan u godini; 100. i 130. dan u godini uvijek dovode do smanjenja odrasle populacije za 10% do 30%), pouzdanost za navedena pravila veća je od 50%. Najveću pouzdanost i koeficijent izdizanja (p= 91%, K.I.=1.91) pokazuje pravilo da u 2012. godini uvijek dolazi do smanjenja brojnosti odrasle populacije i to u intervalu od 10% do 30%. Pronalazak ove povezanosti, odnosno izdvajanje ovog asocijativnog pravila rezultat je činjenice da svi primijenjeni tretmani na vrsti *Culex pipiens* tijekom 2012. godine dovođe do smanjenja brojnosti odraslih jedinki. 2012. godinu stoga možemo smatrati godinom u kojoj su tretmani vrlo jednostavni za planiranje, budući da je vjerojatnost pogrešnog tretiranja u smislu izazivanja efekta povećanja brojnosti odrasle populacije iznimno mala. U asocijativnim pravilima sa jednim uvjetom, vidljivo je da prvi i drugi tretman sa učinkovitostima u rasponu od 0.1% do 5 dovode do smanjenja brojnosti odrasle populacije (SS= smanjenje 10% do 30%); pouzdanost navedenih asocijativnih pravila je iznad 50%. Pregledom asocijativnih pravila sa dva uvjeta također se izdvaja niz redundantnih asocijativnih pravila vezanih uz 2012. godinu, odnosno većina specifičnih kombinacija rezultira smanjenjem populacije. U drugom dijelu asocijativnih pravila sa dva uvjeta vidljivo je manje učinkovitosti tretmana od 0.1% do maksimalno 50% dovođe do smanjenja odrasle populacije za 10% do 30%, pri čemu sam tip tretmana (adulticidni ili larvicidni) ili njihov redoslijed nije bitan. No, važno je napomenuti da se kombinacija tretmana larvicidni/larvicidni u pravilima pojavljuje s najmanjom učestalošću.

Tablica 4.48. Asocijativna pravila povezana s ishodom razine opterećenja = SS (smanjenje brojnosti odrasle populacije za 10%-30%). Asocijativna pravila su pretraživana sa parametrima: podrška =0.001, pouzdanost =0.50. U tablici su prikazana asocijativna pravila za ishod SS sa jednim ili dva uvjeta.

	lhs		rhs	podrška	pouzdanost	<i>K.I</i> .	n(lhs)
[1]	{godina=2012}	=>	$\{SS\}$	0.23	0.91	1.91	1
[2]	{beg_1_tret=275}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.66	1.38	1
[3]	{beg_1_tret=270}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.65	1.36	1
[4]	{beg_1_tret=265}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.64	1.35	1
[5]	{beg_1_tret=130}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.57	1.19	1
[6]	{beg_1_tret=135}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.56	1.18	1
[7]	{eff_1_tret=0.001}	=>	$\{SS\}$	0.06	0.56	1.18	1
[8]	{eff_1_tret=0.005}	=>	$\{SS\}$	0.06	0.56	1.18	1
[9]	{eff_2_tret=0.001}	=>	$\{SS\}$	0.06	0.55	1.15	1
[10]	{eff_2_tret=0.005}	=>	$\{SS\}$	0.06	0.55	1.15	1
[11]	{beg_1_tret=100}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.55	1.15	1
[12]	{beg_1_tret=260}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.54	1.14	1
[13]	{eff_2_tret=0.05}	=>	$\{SS\}$	0.06	0.53	1.12	1
[14]	{eff_1_tret=0.05}	=>	$\{SS\}$	0.06	0.53	1.11	1
[15]	{beg_1_tret=250}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.52	1.10	1
[16]	{dur_tret=1}	=>	$\{SS\}$	0.08	0.52	1.08	1
[17]	{beg_1_tret=90}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.51	1.07	1
[18]	{beg_1_tret=255}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.51	1.07	1
[19]	{beg_1_tret=60}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.51	1.06	1
[20]	{beg_1_tret=65}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.51	1.06	1
[21]	{beg_1_tret=95}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.51	1.06	1
[22]	{godina=2012,eff_1_tret=0.05}	=>	$\{SS\}$	0.04	0.95	2.00	2
[23]	{godina=2012,eff_1_tret=0.005}	=>	$\{SS\}$	0.04	0.95	2.00	2
[24]	{godina=2012,eff_1_tret=0.001}	=>	$\{SS\}$	0.04	0.95	2.00	2
[25]	{godina=2012,eff_2_tret=0.05}	=>	$\{SS\}$	0.04	0.95	1.98	2
[26]	{godina=2012,eff_2_tret=0.005}	=>	$\{SS\}$	0.04	0.95	1.98	2
[27]	{godina=2012,eff_2_tret=0.001}	=>	$\{SS\}$	0.04	0.95	1.98	2
[28]	{godina=2012,dur_tret=1}	=>	$\{SS\}$	0.05	0.95	1.98	2
[29]	{godina=2012,eff_1_tret=0.2}	=>	$\{SS\}$	0.04	0.93	1.96	2
[30]	{godina=2012,tretman=lar_adu}	=>	$\{SS\}$	0.06	0.93	1.95	2
[31]	{godina=2012,eff_2_tret=0.2}	=>	$\{SS\}$	0.04	0.93	1.94	2
[32]	{godina=2012,dur_tret=2}	=>	$\{SS\}$	0.05	0.92	1.94	2
[33]	{godina=2012,tretman=adu_adu}	=>	$\{SS\}$	0.06	0.92	1.92	2
[34]	{godina=2012,dist_tret=0}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.91	1.92	2
[35]	{godina=2012,dist_tret=50}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.91	1.91	2
[36]	{godina=2012,tretman=adu_lar}	=>	$\{SS\}$	0.06	0.91	1.91	2
[37]	{godina=2012,dist_tret=21}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.91	1.91	2
[38]	{godina=2012,dur_tret=3}	=>	$\{SS\}$	0.05	0.91	1.91	2
[39]	{godina=2012,dist_tret=1}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.91	1.91	2
[40]	{godina=2012,dist_tret=2}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.91	1.91	2
[41]	{godina=2012,dist_tret=3}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.91	1.91	2
[42]	{godina=2012,dist_tret=5}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.91	1.91	2
[43]	{godina=2012,dist_tret=35}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.91	1.90	2

[44]	{godina=2012,dist_tret=28}	=>	<b>{SS}</b>	0.02	0.91	1.90	2
[45]	{godina=2012,dist_tret=7}	=>	{ <b>SS</b> }	0.02	0.91	1.90	2
[46]	{godina=2012,dist_tret=14}	=>	{ <b>SS</b> }	0.02	0.90	1.90	2
[47]	{godina=2012,dur_tret=5}	=>	<b>{SS}</b>	0.05	0.89	1.87	2
[48]	{godina=2012,eff_2_tret=0.5}	=>	<b>{SS}</b>	0.04	0.89	1.86	2
[49]	{godina=2012,eff_1_tret=0.5}	=>	<b>{SS}</b>	0.04	0.88	1.85	2
[50]	{godina=2012,tretman=lar_lar}	=>	<b>{SS}</b>	0.06	0.88	1.84	2
[51]	{godina=2012,dur_tret=7}	=>	<b>{SS}</b>	0.04	0.87	1.82	2
[52]	{godina=2012,eff_2_tret=1}	=>	<b>{SS}</b>	0.03	0.80	1.68	2
[53]	{godina=2012,eff_1_tret=1}	=>	$\{SS\}$	0.03	0.77	1.62	2
[54]	{eff_1_tret=0.001,dur_tret=1}	=>	<b>{SS}</b>	0.01	0.63	1.32	2
[55]	{eff_1_tret=0.005,dur_tret=1}	=>	<b>{SS}</b>	0.01	0.63	1.32	2
[56]	{eff_1_tret=0.05,dur_tret=1}	=>	<b>{SS}</b>	0.01	0.63	1.31	2
[57]	{eff_2_tret=0.001,dur_tret=1}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.61	1.29	2
[58]	{eff_2_tret=0.005,dur_tret=1}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.61	1.29	2
[59]	{eff_2_tret=0.05,dur_tret=1}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.61	1.28	2
[60]	{eff_2_tret=0.005,tretman=lar_adu}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.59	1.24	2
[61]	{eff_1_tret=0.001,dur_tret=2}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.59	1.24	2
[62]	{eff_1_tret=0.005,dur_tret=2}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.59	1.24	2
[63]	{eff_2_tret=0.001,tretman=lar_adu}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.59	1.24	2
[64]	{eff_1_tret=0.005,tretman=adu_lar}	=>	<b>{SS}</b>	0.01	0.59	1.24	2
[65]	{eff_1_tret=0.001,tretman=adu_lar}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.59	1.24	2
[66]	{eff_1_tret=0.05,dur_tret=2}	=>	<b>{SS}</b>	0.01	0.58	1.22	2
[67]	{eff_1_tret=0.001,tretman=lar_adu}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.58	1.22	2
[68]	{eff_1_tret=0.001,tretman=adu_adu}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.58	1.22	2
[69]	{eff_1_tret=0.005,tretman=lar_adu}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.58	1.22	2
[70]	{eff_1_tret=0.005,tretman=adu_adu}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.58	1.22	2
[71]	{eff_1_tret=0.05,tretman=lar_adu}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.58	1.21	2
[72]	{eff_2_tret=0.005,dur_tret=2}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.57	1.20	2
[73]	{eff_2_tret=0.001,dur_tret=2}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.57	1.20	2
[74]	{eff_2_tret=0.05,dur_tret=2}	=>	<b>{SS}</b>	0.01	0.57	1.20	2
[75]	{eff_1_tret=0.001,dur_tret=3}	=>	{SS}	0.01	0.57	1.20	2
[76]	{eff_1_tret=0.005,dur_tret=3}	=>	{SS}	0.01	0.57	1.20	2
[77]	{eff_2_tret=0.001,dur_tret=3}	=>	<b>{SS}</b>	0.01	0.56	1.18	2
[78]	{eff_2_tret=0.005,dur_tret=3}	=>	{ <b>SS</b> }	0.01	0.56	1.18	2
[79]	{eff_2_tret=0.001,tretman=adu_adu}	=>	{ <b>SS</b> }	0.02	0.56	1.18	2
[80]	{eff_2_tret=0.001,tretman=adu_lar}	=>	{SS}	0.02	0.56	1.18	2
[81]	{eff_2_tret=0.005,tretman=adu_lar}	=>	{SS}	0.02	0.56	1.18	2
[82]	{eff_2_tret=0.005,tretman=adu_adu}	=>	{SS}	0.02	0.56	1.17	2
[83]	{eff_2_tret=0.05,tretman=adu_lar}	=>	{SS}	0.02	0.56	1.17	2
[84]	{eff_2_tret=0.05,tretman=lar_adu}	=>	{SS}	0.01	0.55	1.16	2
[85]	{eff_1_tret=0.2,eff_2_tret=0.005}	=>	{SS}	0.01	0.55	1.16	2
[86]	{eff_1_tret=0.5,tretman=adu_lar}	=>	{ <b>SS</b> }	0.03	0.55	1.16	2
[8/]	{en_1_tret=0.2,en_2_tret=0.001}	=>	{ <b>55</b> }	0.01	0.55	1.16	2
[88]	{en_1_tret=0.05,dur_tret=3}	=>	{ <b>55</b> }	0.01	0.55	1.16	2
[09]	{en_1_tret=0.2,en_2_ret=0.05}	=>	{ <b>22</b> }	0.01	0.55	1.10	2
[90]	{en_2_uet=0.03,auf_tret=3}	=>	{ <b>33</b> }	0.01	0.33	1.10	2

[91]	{dur_tret=1,tretman=lar_adu}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.55	1.16	2
[92]	{eff_1_tret=0.05,tretman=adu_adu}	=>	<b>{SS}</b>	0.02	0.55	1.15	2
[93]	{eff_1_tret=0.5,tretman=adu_adu}	=>	$\{SS\}$	0.03	0.55	1.15	2
[94]	{eff_2_tret=0.2,dur_tret=1}	=>	<b>{SS}</b>	0.01	0.55	1.14	2
[95]	{eff_1_tret=0.2,dur_tret=1}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.54	1.14	2
[96]	{eff_1_tret=0.005,eff_2_tret=0.2}	=>	<b>{SS}</b>	0.01	0.54	1.14	2
[97]	{eff_1_tret=0.001,eff_2_tret=0.2}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.54	1.14	2
[98]	{eff_2_tret=0.05,tretman=adu_adu}	=>	<b>{SS}</b>	0.02	0.54	1.14	2
[99]	{eff_1_tret=0.2,tretman=adu_adu}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.53	1.12	2
[100]	{eff_1_tret=0.005,dur_tret=5}	=>	<b>{SS}</b>	0.01	0.53	1.11	2
[101]	{eff_1_tret=0.001,dur_tret=5}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.53	1.11	2
[102]	{eff_2_tret=0.005,dur_tret=5}	=>	<b>{SS}</b>	0.01	0.53	1.11	2
[103]	{eff_2_tret=0.001,dur_tret=5}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.53	1.11	2
[104]	{eff_1_tret=0.05,eff_2_tret=0.2}	=>	<b>{SS}</b>	0.01	0.53	1.10	2
[105]	{dur_tret=1,tretman=adu_lar}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.52	1.10	2
[106]	{eff_1_tret=0.5,dur_tret=2}	=>	<b>{SS}</b>	0.02	0.52	1.10	2
[107]	{eff_1_tret=0.2,tretman=lar_adu}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.52	1.10	2
[108]	{eff_1_tret=0.5,eff_2_tret=0.05}	=>	<b>{SS}</b>	0.02	0.52	1.10	2
[109]	{eff_1_tret=0.5,eff_2_tret=0.005}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.52	1.10	2
[110]	{eff_1_tret=0.5,eff_2_tret=0.001}	=>	<b>{SS}</b>	0.02	0.52	1.09	2
[111]	{eff_2_tret=0.5,tretman=lar_adu}	=>	$\{SS\}$	0.03	0.52	1.09	2
[112]	{dur_tret=2,tretman=lar_adu}	=>	<b>{SS}</b>	0.02	0.52	1.08	2
[113]	{eff_1_tret=0.5,dur_tret=3}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.51	1.08	2
[114]	{eff_2_tret=0.5,tretman=adu_adu}	=>	<b>{SS}</b>	0.03	0.51	1.08	2
[115]	{eff_2_tret=0.2,tretman=adu_adu}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.51	1.08	2
[116]	{dur_tret=2,tretman=adu_adu}	=>	<b>{SS}</b>	0.02	0.51	1.08	2
[117]	{dur_tret=1,tretman=adu_adu}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.51	1.07	2
[118]	{eff_1_tret=0.5,eff_2_tret=0.2}	=>	<b>{SS}</b>	0.02	0.51	1.07	2
[119]	{eff_1_tret=0.2,eff_2_tret=0.2}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.51	1.07	2
[120]	{eff_1_tret=0.005,dur_tret=7}	=>	<b>{SS}</b>	0.01	0.51	1.07	2
[121]	{eff_1_tret=0.001,dur_tret=7}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.51	1.07	2
[122]	{dur_tret=3,tretman=adu_adu}	=>	<b>{SS}</b>	0.03	0.51	1.07	2
[123]	{eff_1_tret=0.05,tretman=adu_lar}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.51	1.07	2
[124]	{dist_tret=7,tretman=adu_adu}	=>	<b>{SS}</b>	0.01	0.51	1.06	2
[125]	{eff_2_tret=0.001,tretman=lar_lar}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.51	1.06	2
[126]	{eff_2_tret=0.005,tretman=lar_lar}	=>	<b>{SS}</b>	0.02	0.50	1.06	2
[127]	{dist_tret=35,tretman=adu_adu}	=>	$\{SS\}$	0.01	0.50	1.06	2
[128]	{eff_1_tret=0.005,tretman=lar_lar}	=>	<b>{SS}</b>	0.02	0.50	1.06	2
[129]	{eff_1_tret=0.001,tretman=lar_lar}	=>	<b>{SS}</b>	0.02	0.50	1.06	2
[130]	{dur_tret=3,tretman=lar_adu}	=>	<b>{SS}</b>	0.02	0.50	1.05	2
[131]	{dist_tret=0,tretman=adu_lar}	=>	<b>{SS}</b>	0.01	0.50	1.05	2
[132]	{dist_tret=5,tretman=adu_adu}	=>	<b>{SS}</b>	0.01	0.50	1.05	2
[133]	{eff_2_tret=0.2,tretman=adu_lar}	=>	$\{SS\}$	0.02	0.50	1.05	2
[134]	{dist_tret=14,tretman=adu_adu}	=>	<b>{SS}</b>	0.01	0.50	1.05	2



Slika 4.320. Asocijativna pravila povezana sa ishodom razine opterećenja SS (smanjenje brojnosti odrasle populacije za 10% do 30%). Prikazana su samo pravila sa vjerojatnosti većom od 90%.

Asocijativna pravila dubinskog istraživanja podataka povezana s ishodom razina opterećenja = *SSS* (smanjenje brojnosti odrasle populacije veće od 30%) prikazani su Tablici 4.49 i na Slici 4.196. Dubinskim pretraživanjem seta podataka sa parametrima: *podrška=0.001, pouzdanost=0.5* pronađeno je ukupno 82 asocijativna pravila (13 asocijativnih pravila sa dva uvjeta i 69 asocijativnih pravila sa tri uvjeta). Pregledom pronađenih asocijativnih pravila može se uočiti da se samo tretmanima sa 100% učinkovitosti i početkom tretiranja rano u periodu reproduktivne sezone (60. do 85. dan u godini – 1.3. do 26.3.) može postići smanjenje populacije odraslih veće od 30% (pouzdanost = 55 do 83%). U asocijativnim pravilima sa tri uvjeta, uglavnom dolazi do redundancije – vidljivo je da 100% učinkovitost tretmana rano u reproduktivnoj sezoni dovodi do smanjenja odrasle populacije veće od 30% (pouzdanost veća od 90%). Također je važno napomenuti da se kombinacije tretmana adulticidno/larvicidno i adulticidno/adulticidno pojavljuju u velikoj frekvenciji među izdvojenim asocijativnim pravilima (70%), što sugerira da bi tretmani, barem prvi primijenjeni tretmani, trebali biti adulticidni.

Tablica 4.49. Asocijativna pravila povezana s ishodom razine opterećenja = SSS (smanjenje brojnosti odrasle populacije za više od 30%). Asocijativna pravila su pretraživana sa parametrima: podrška =0.001, pouzdanost =0.50. U tablici su prikazana sva asocijativna pravila za ishod SSS.

	lhs		rhs	podrška	pouzdanost	<i>K.I</i> .	n(lhs)
[1]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=80}	=>	{SSS}	0.01	0.83	8.30	2
[2]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=75}	=>	$\{SSS\}$	0.01	0.83	8.29	2
[3]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=85}	=>	$\{SSS\}$	0.01	0.83	8.28	2
[4]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=70}	=>	$\{SSS\}$	0.01	0.83	8.27	2
[5]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=65}	=>	$\{SSS\}$	0.01	0.83	8.23	2
[6]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=60}	=>	$\{SSS\}$	0.01	0.82	8.20	2
[7]	{eff_2_tret=1,beg_1_tret=60}	=>	$\{SSS\}$	0.01	0.72	7.14	2
[8]	{eff_2_tret=1,beg_1_tret=65}	=>	$\{SSS\}$	0.00	0.68	6.74	2
[9]	{eff_2_tret=1,beg_1_tret=70}	=>	$\{SSS\}$	0.00	0.64	6.38	2

[10]	{eff_2_tret=1,beg_1_tret=75}	=>	{SSS}	0.00	0.61	6.04	2
[11]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=90}	=>	{SSS}	0.00	0.56	5.59	2
[12]	{eff_2_tret=1,beg_1_tret=80}	=>	{SSS}	0.00	0.55	5.48	2
[13]	{godina=2008,beg_1_tret=265}	=>	{SSS}	0.00	0.52	5.20	2
[14]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=85,tretman=adu_lar}	=>	{SSS}	0.00	1.00	9.95	3
[15]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=85,tretman=adu_adu}	=>	{SSS}	0.00	1.00	9.95	3
[16]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=80,tretman=adu_lar}	=>	{SSS}	0.00	1.00	9.95	3
[17]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=80,tretman=adu_adu}	=>	{SSS}	0.00	1.00	9.95	3
[18]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=75,tretman=adu_lar}	=>	{SSS}	0.00	1.00	9.95	3
[19]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=75,tretman=adu_adu}	=>	{SSS}	0.00	1.00	9.95	3
[20]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=70,tretman=adu_lar}	=>	{SSS}	0.00	1.00	9.95	3
[21]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=70,tretman=adu_adu}	=>	$\{SSS\}$	0.00	1.00	9.95	3
[22]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=65,tretman=adu_lar}	=>	{SSS}	0.00	1.00	9.95	3
[23]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=65,tretman=adu_adu}	=>	{SSS}	0.00	1.00	9.95	3
[24]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=60,tretman=adu_lar}	=>	{SSS}	0.00	1.00	9.95	3
[25]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=60,tretman=adu_adu}	=>	{SSS}	0.00	1.00	9.95	3
[26]	$\{eff_1\_tret=1, eff_2\_tret=1, beg_1\_tret=60\}$	=>	$\{SSS\}$	0.00	0.92	9.13	3
[27]	{eff_1_tret=1,eff_2_tret=1,beg_1_tret=65}	=>	$\{SSS\}$	0.00	0.90	8.95	3
[28]	{eff_2_tret=1,beg_1_tret=60,tretman=adu_adu}	=>	{SSS}	0.00	0.90	8.94	3
[29]	{eff_1_tret=1,eff_2_tret=1,beg_1_tret=70}	=>	{SSS}	0.00	0.89	8.81	3
[30]	{eff_1_tret=1,dur_tret=1,beg_1_tret=80}	=>	{SSS}	0.00	0.88	8.71	3
[31]	{eff_1_tret=1,dur_tret=1,beg_1_tret=75}	=>	{SSS}	0.00	0.87	8.66	3
[32]	{eff_1_tret=1,eff_2_tret=1,beg_1_tret=75}	=>	{SSS}	0.00	0.87	8.65	3
[33]	{eff_2_tret=1,beg_1_tret=60,tretman=lar_adu}	=>	{SSS}	0.00	0.87	8.64	3
[34]	{eff_1_tret=1,dur_tret=1,beg_1_tret=70}	=>	{SSS}	0.00	0.87	8.63	3
[35]	{eff_1_tret=1,dur_tret=1,beg_1_tret=65}	=>	{SSS}	0.00	0.87	8.62	3
[36]	{eff_1_tret=1,dur_tret=1,beg_1_tret=85}	=>	{SSS}	0.00	0.87	8.62	3
[37]	{eff_1_tret=1,dur_tret=1,beg_1_tret=60}	=>	{SSS}	0.00	0.86	8.55	3
[38]	{eff_2_tret=1,beg_1_tret=65,tretman=adu_adu}	=>	{SSS}	0.00	0.86	8.54	3
[39]	{eff_1_tret=1,dur_tret=2,beg_1_tret=85}	=>	{SSS}	0.00	0.85	8.46	3
[40]	{eff_1_tret=1,dur_tret=2,beg_1_tret=80}	=>	{SSS}	0.00	0.85	8.45	3
[41]	{eff_1_tret=1,eff_2_tret=1,beg_1_tret=80}	=>	{SSS}	0.00	0.84	8.38	3
[42]	{eff_1_tret=1,dur_tret=2,beg_1_tret=75}	=>	{SSS}	0.00	0.84	8.36	3
[43]	{eff_1_tret=1,dur_tret=2,beg_1_tret=70}	=>	{\$\$\$\$}	0.00	0.84	8.32	3
[44]	{eff_1_tret=1,dur_tret=2,beg_1_tret=65}	=>	{\$\$\$\$}	0.00	0.84	8.32	3
[45]	{eff_1_tret=1,dur_tret=2,beg_1_tret=60}	=>	{333}	0.00	0.83	8.29	3
[40]	{eff_1_tret=1,dur_tret=3,beg_1_tret=85}	=>	{333}	0.00	0.83	8.27	3
[47] [70]	{eff_1_ruet=1,dur_ruet=3,beg_1_ruet=75}	=>	{333}	0.00	0.83	0.20 9.22	2
[40]	{eff_1_trot=1_dur_trot=2_bog_1_trot=20)}	->	{222}	0.00	0.83	0.23 9.22	3
[49]	{eff_1_trat=1_dur_trat=3_bag_1_trat=70}	->	{222}	0.00	0.83	8.22 8.22	3
[50]	{eff_2_trat_1_hag_1_trat_65_tratman_lar_adu}	->	[222]	0.00	0.83	8.21	3
[51]	$\{eff_1 tret-1, otg_1 utt=0.5, uttildentialized \}$	->	[222]	0.00	0.82	8.20	3
[52]	$\{eff \mid tret=1, dur tret=5, beg \mid tret=75\}$	=>	{SSS}	0.00	0.82	8.17	3
[54]	{eff 2 tret=1.beg 1 tret=70.tretman=adu adu}	=>	{SSS}	0.00	0.82	8.15	3
[55]	{eff 1 tret=1.dur tret=5.beg 1 tret=70}	=>	{SSS}	0.00	0.82	8.15	3
[56]	{eff 1 tret=1.dur tret=5.beg 1 tret=80}	=>	{SSS}	0.00	0.82	8.12	3
1- 21	( 1,5 <b>-8_1</b> 00)		()				-

[57]	{eff_1_tret=1,dur_tret=5,beg_1_tret=85}	=>	{SSS}	0.00	0.81	8.10	3
[58]	{eff_1_tret=1,dur_tret=5,beg_1_tret=65}	=>	{SSS}	0.00	0.81	8.09	3
[59]	{eff_1_tret=1,dur_tret=5,beg_1_tret=60}	=>	{SSS}	0.00	0.81	8.05	3
[60]	{eff_1_tret=1,dur_tret=7,beg_1_tret=70}	=>	{SSS}	0.00	0.81	8.04	3
[61]	{eff_1_tret=1,dur_tret=7,beg_1_tret=75}	=>	{SSS}	0.00	0.81	8.03	3
[62]	{eff_1_tret=1,dur_tret=7,beg_1_tret=80}	=>	{SSS}	0.00	0.81	8.02	3
[63]	{eff_1_tret=1,dur_tret=7,beg_1_tret=85}	=>	{SSS}	0.00	0.80	8.00	3
[64]	{eff_1_tret=1,dur_tret=7,beg_1_tret=65}	=>	{SSS}	0.00	0.80	7.97	3
[65]	$\{eff_1\_tret=1, eff_2\_tret=1, beg_1\_tret=85\}$	=>	{SSS}	0.00	0.80	7.94	3
[66]	{eff_1_tret=1,dur_tret=7,beg_1_tret=60}	=>	{SSS}	0.00	0.80	7.92	3
[67]	{eff_2_tret=1,beg_1_tret=70,tretman=lar_adu}	=>	{SSS}	0.00	0.79	7.87	3
[68]	{eff_2_tret=1,beg_1_tret=75,tretman=adu_adu}	=>	{SSS}	0.00	0.78	7.76	3
[69]	{eff_2_tret=1,dur_tret=1,beg_1_tret=60}	=>	{SSS}	0.00	0.76	7.61	3
[70]	{eff_2_tret=1,beg_1_tret=75,tretman=lar_adu}	=>	{SSS}	0.00	0.76	7.53	3
[71]	{eff_2_tret=1,beg_1_tret=80,tretman=adu_adu}	=>	{SSS}	0.00	0.72	7.19	3
[72]	{eff_2_tret=1,dur_tret=5,beg_1_tret=60}	=>	{SSS}	0.00	0.70	6.93	3
[73]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=90,tretman=adu_lar}	=>	{SSS}	0.00	0.70	6.92	3
[74]	{eff_2_tret=1,beg_1_tret=80,tretman=lar_adu}	=>	{SSS}	0.00	0.68	6.81	3
[75]	{eff_2_tret=1,dur_tret=7,beg_1_tret=60}	=>	{SSS}	0.00	0.68	6.79	3
[76]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=90,tretman=adu_adu}	=>	{SSS}	0.00	0.64	6.38	3
[77]	{eff_2_tret=1,beg_1_tret=85,tretman=adu_adu}	=>	{SSS}	0.00	0.60	5.97	3
[78]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=95,tretman=adu_lar}	=>	{SSS}	0.00	0.60	5.93	3
[79]	{godina=2013,eff_1_tret=1,tretman=adu_lar}	=>	{SSS}	0.00	0.58	5.81	3
[80]	{godina=2013,eff_1_tret=1,tretman=adu_adu}	=>	{SSS}	0.00	0.56	5.53	3
[81]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=245,tretman=lar_lar}	=>	{SSS}	0.00	0.55	5.46	3
[82]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=95,tretman=adu_adu}	=>	{SSS}	0.00	0.55	5.46	3

#### razina opterećenja = SSS

size: support (0.001 - 0.006) color: lift (7.965 - 9.947)



Slika 4.321. Asocijativna pravila vezana uz ishodom razine opterećenja SSS (smanjene brojnosti odrasle populacije oveće od 30%). Prikazana su samo pravila sa vjerojatnosti većom od 80%.
Asocijativna pravila dubinskog istraživanja podataka povezana s ishodom razina opterećenja = *PP* (povećanje brojnosti odrasle populacije od 10% do 30%) prikazana su Tablici 4.50 i na Slici 4.197. Algoritam *apriori* ne nalazi asocijativna pravila povezana s ishodom povećanja populacije u intervalu od 5% do 10% (razina opterećenja = *P*). Dubinskim pretraživanjem seta podataka sa parametrima: podrška=0.001, pouzdanost=0.3 pronađeno je ukupno 5 asocijativnih pravila (2 asocijativna pravila sa jednim uvjetom i 3 asocijativna pravila sa dva uvjeta). Prag pouzdanosti smanjen je na 30% kako bi se izdvojila pravila s manjom pouzdanosti, budući da se sa 50% pouzdanosti izdvaja samo jedno asocijativno pravilo.

Asocijativno pravilo s najvećom pouzdanosti (66%) pokazuje da bez obzira na godinu i ostale parametre tretmana, kombinacija u kojoj prvi tretman (larvicidni) ima 100% učinkovitost, i počinje 260. dan u godini dolazi do povećanja brojnosti odraslih za 10%-30%. Ostala pravila imaju malu pouzdanost (30-40%), no važno je uočiti da sva izdvojena asocijativna pravila sadrže kombinaciju tretmana larvicidno/larvicidno.

Tablica 4.50. Asocijativna pravila povezana s ishodom razine opterećenja = P (povećanje brojnosti odrasle populacije za 10-30%). Asocijativna pravila su pretraživana sa parametrima: podrška =0.001, pouzdanost =0.30. U tablici su prikazana sva asocijativna pravila za ishod PP.

	lhs		rhs	podrška	pouzdanost	<i>K.I</i> .	n(lhs)
[1]	{beg_1_tret=260,tretman=lar_lar} ==	>	{PP}	0.00	0.40	5.53	2
[2]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=180} =:	>	$\{PP\}$	0.00	0.30	4.15	2
[3]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=260,tretman=lar_lar} =:	>	$\{PP\}$	0.00	0.66	9.08	3
[4]	{godina=2007,eff_1_tret=1,tretman=lar_lar} =:	>	$\{PP\}$	0.00	0.30	4.18	3
[5]	{godina=2007,eff_2_tret=1,tretman=lar_lar} =:	>	$\{PP\}$	0.00	0.32	4.36	3

razina opterećenja = PP

size: support (0.001 - 0.002) color: lift (4.151 - 9.08)



Slika 4.322. Asocijativna pravila povezana uz ishodom razine opterećenja PP (povećanje brojnosti odrasle populacije od 10% do 30%). Prikazana sva pravila (min. pouzdanost =30%).

Asocijativna pravila dubinskog istraživanja podataka povezana s ishodom razina opterećenja = *PPP* (povećanje brojnosti odrasle populacije veće od 30% prikazana su Tablici 4.51 i na Slici 4.198. Dubinskim pretraživanjem seta podataka sa parametrima: *podrška=0.001, pouzdanost=0.3* pronađena su samo 4 asocijativna pravila sa dva uvjeta. Izdvojena asocijativna pravila pokazuju da se larvicidnim tretmanima sa 100% učinkovitosti i primjenom od 225. do 230. dana u godini (13.8. do 18.8.) postiže jak negativan učinak pri čemu dolazi do povećanja brojnosti odraslih jedinki većeg od 30%. Pouzdanost ovih pravila je relativno mala (43%-52%), no koeficijent izdizanja (*K.I.*) je vrlo velik što znači da je vjerojatnost ovih ishoda u setu podataka znatno veća od očekivane. Preostala dva asocijativna pravila mogu se smatrati redundancijom.

Tablica 4.51 Asocijativna pravila povezana s ishodom razine opterećenja = PPP (povećanje brojnosti odrasle populacije za više od 30%). Asocijativna pravila su pretraživana sa parametrima: podrška =0.001, pouzdanost =0.30. U tablici su prikazana sva asocijativna pravila za ishod PPP.

	lhs		rhs	podrška	pouzdanost	<i>K.I</i> .	n(lhs)
[2]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=230,tretman=lar_lar}	=>	{PPP}	0.001	0.52	18.86	3
[1]	{eff_1_tret=1,beg_1_tret=225,tretman=lar_lar}	=>	{PPP}	0.001	0.43	15.54	3
[3]	{godina=2005,eff_1_tret=1,tretman=lar_lar}	=>	{PPP}	0.002	0.36	13.03	3
[4]	{godina=2005,eff_2_tret=1,tretman=lar_lar}	=>	{PPP}	0.002	0.35	12.83	3



Slika 4.323. Asocijativna pravila vezana uz ishodom razine opterećenja PPP (povećanje brojnosti odrasle populacije veće od 30%). Prikazana su sva pronađena asocijativna pravila (min. pouzdanost = 30%).

# 5.Rasprava

## 5.1. Matrični populacijski modeli populacija komaraca Aedes vexans i Culex pipiens

Razlozi istraživanja dinamike populacija su razumijevanje, predviđanje i opisivanje rasta ili procjene rizika izumiranja populacija, te poboljšanje metoda kontrole (Juliano, 2007). Za vektore kao što su komarci, proučavanje dinamike populacija može biti korisno i iz drugih razloga, kao što je npr. usklađivanje projekcija tj. modela populacije s epidemiološkim modelima ili predikcijama, kao i za potrebe planiranja metoda kontrole.

Matrični populacijski modeli dugo se koriste u modeliranju i opisivanju dinamike različitih populacija. Ovaj tip diskretnih matematičkih modela omogućuje modeliranje starosno strukturiranih populacija ili populacija strukturiranih po stadijima, tj. predviđanje broja jedinki određene starosti ili određenog stadija nakon nekog izabranog vremenskog intervala. Njihovi glavni nedostatci su neuključivost ovisnosti o gustoći, odnosno smanjivanje broja populacije zbog prekoračenja kapaciteta okoliša i nemogućnost modeliranja vremenske odgode (eng. *time delay*), koja je izuzetno važna pri opisivanju dinamike nekih populacija naročito populacija kukaca. Određene vrste životinja razmnožavaju se periodično i tijekom svog razvoja prolaze kroz nekoliko različitih razvojnih stadija. Pojedini vremenski segmenti cjelokupnog životnog ciklusa mogu biti karakterizirani prisutnošću samo jednog ili pojedinih razvojnih stadija. Modeliranje takvih populacija često nije moguće korištenjem klasičnog Leslie-vog ili Lefkovitch-evog modela, jer modeli konstruirani na taj način ne mogu dati u potpunosti zadovoljavajuće rezultate u opisivanju dinamike populacija.

U posljednjih desetak godina, nekoliko autora bavilo se problematikom modeliranja populacija raznih vrsta komaraca primjenom matričnih populacijskih modela (Ahumada i sur. 2004, Schaeffer i sur., 2008, Erikson i sur., 2010). Međutim, niti jedan od ovih modela ne uzima u obzir sve okolišne parametre, već određuje samo one koje smatra najvažnijima za opisivanje dinamike populacije u određenom geografskom području. Pri takvom konstruiranju modela često je zanemarivan utjecaj fotoperioda, odnosno duljine trajanja danjeg svjetla, koja ima značajan utjecaj na dinamiku populacije komaraca jer ograničava rast populacije u pojedinim periodima tijekom godine. Često su zanemarivane i promjene fekunditeta uzrokovane abiotičkim čimbenicima i brojem gonotropnog ciklusa.

Tako npr. matrični model dinamike populacije komaraca Culex quinquefasciatus koji su konstruirali Ahumada i sur. 2004, uključuje ovisnost rasta populacije o temperaturi, te utjecaj kiše na preživljavanje u ranim ličinačkim stadijima. Taj model također uključuje i eksponencijalnom funkcijom modeliranu ovisnost rasta populacije o gustoći u ranim razvojnim stadijima. Ovisnost brzine razvoja o temperaturi modelirana je pomoću fiziološke starosti temeljenoj na dnevnim energetskim jedinicama dok je ovisnost o kiši modelirana kroz mortalitet ranih razvojnih stadija uzimanjem u obzir kumulativnog broja kišnih dana. Matrični modeli dvaju modeliranih vrsta komaraca u ovoj disertaciji također uključuju ovisnost o temperaturi, no ona je modelirana pomoću srednjih dnevnih temperatura i niza funkcija dobivenih prilagođavanjem eksperimentalnim podacima o trajanju stadija pri različitim srednjim dnevnim temperaturama. Naime, metoda određivanja fiziološke starosti temeljem energetskih jedinica zasniva se na izračunavanju akumuliranih jedinica topline u nekom vremenskom periodu pomoću kojih se hipotetski mogu predvidjeti promjene u brojnosti pojedinih populacija, ili pak predvidjeti vrijeme pojave istih. Ovaj princip modeliranja često se koristi u matričnim modelima (Bommarco, 2001; Jarry i sur.; 1996; Ahumada i sur. 2004). Okosnica ovog pristupa je hipoteza da je za razvoj ili prelazak u naredni razvojni stadij nekog organizma, potrebna akumulacija određene količine energije, odnosno topline. Međutim, kako bi se ova metoda mogla uspješno koristiti potrebno je odrediti donji i gornji prag

razvoja, odnosno donju i gornju granicu akumulirane topline potrebne za početak i završetak razvoja. Određivani temperaturni pragovi koji bi omogućavali najbolje moguće predviđanje za određeni razvojni stadij obično su vrlo niski i ovise o primijenjenim statističkim metodama (Durand i sur., 1982), a samo određivanje temperaturnih pragova je moguće ukoliko se raspolaže podacima dobivenim iz velikog raspona temperaturnih varijacija u odsustvu drugih varijabli koje potencijalno ograničavaju rast (Bonhomme, 2000). Kao još jedan nedostatak, odnosno izvor pogreške u modeliranju temperaturne ovisnosti korištenjem dnevnih energetskih jedinica, navodi se upotreba temperaturnih podataka korištenim prilikom izračunavanja dnevnih energetskih jedinica. Naime, gotovo je nemoguće mjeriti transfer topline između kukaca i okoliša jer je mikrookoliš u kojem se kukci nalaze bitno različit od okoliša u kojem se temperaturni podaci sakupljaju. Također, mnogi kukci kontroliraju tjelesnu temperaturu, tj. pospješuju primanje ili emisiju topline iz organizma kroz različite obrasce ponašanja. No, glavni izvor pogreške proizlazi iz toga što metode za izračunavanje dnevnih energetskih jedinica pretpostavljaju razvoj kukaca kao linearnu funkciju temperature (Herms, 2007). Ovisnost brzine razvoja o temperaturi kod većine životinja najbolje opisuje logistička funkcija. Stoga su u ovom radu eksperimentalni podaci prilagođavani logističkim i Weibull funkcijama kako bi se opisalo trajanje razvojnih stadija u ovisnosti o temperaturi okoliša. Bolju korelaciju između teorijskih i eksperimentalnih vrijednosti u većini slučajeva davala je Weibull funkcija. Vjerojatnosti prijelaza kroz stadije izračunavane su na temelju vrijednosti izračunatih iz prilagođenih funkcija, a modelirane su dvoparametarskom logističkom funkcijom.

Modeli u ovoj disertaciji uključuju ovisnost o kiši, no u našem radu kiša nije vezana uz mortalitet ranih razvojnih stadija, već primarno uz fekunditet odraslih jedinki *Culex pipiens*. Mortalitet svih stadija, u modelima rezultat je utjecaja gustoće populacije, koja je također vezana uz ličinačke stadije te pad temperature ili fotoperioda ispod kritičnih vrijednosti.

Stohastički model populacije komaraca *Aedes albopictus* koji su konstruirali Erikson i sur. 2010. pretpostavlja da je temperatura okoliša primarni faktor koji određuje dinamiku populacije. U svom radu Erickson i sur. (2010) populaciju su podijelili na šest razvojnih stadija (jaja, ličinke, kukuljice, nuliparne jedinke, te dva tipa odraslih jedinki: one koje se razmnožavaju i one koje se ne razmnožavaju), a model određuje kapacitet okoliša samo za ličinačke stadije. Modeli konstruirani u okviru ove disertacije također određuju kapacitet okoliša samo za ličinačke stadije. Odrasle jedinke u modelima su razdvojene na nuliparni i gonotropni ciklus, a pretpostavljeno je da odrasle jedinke prolaze kroz pet gonotropnih ciklusa. Za razliku od modela Ericksona i sur., modeli u ovoj disertaciji su u potpunosti deterministički, a sve vjerojatnosti izračunate su na temelju precizno određenih parametara dobivenih iz literaturnih podataka, temperature i starosti jedinke unutar stadija. Model Erikson i sur., iako pokazuje relativno dobru podudarnost s eksperimentalnim podacima, zanemaruje neke čimbenike koji su važni za dinamiku populacija komaraca - padaline i fotoperiod, a koji su uključeni u naše modele.

Model populacije komaraca *Aedes africanus* i *Aedes furcifer* (Schaeffer i sur., 2008), kao glavni parametar koji ograničava rast populacije uzima dostupnost vode, odnosno mjesta za razmnožavanje. Populacija je opisana s pet razvojnih stadija, a autori u ovom radu pretpostavljaju da je vjerojatnost prelaska iz stadija *i* u stadij *i*+1 konstantna i da ne ovisi o vremenu provedenom u stadiju *i*, što je jedna od glavnih zamjerki modela. U modelima konstruiranim u okviru ove disertacije, vjerojatnosti prijelaza kroz stadije ovise o temperaturi okoliša, ali i o starosti jedinke unutar nekog stadija. Što je jedinka starija veća je i vjerojatnost prelaska u naredni razvojni stadij. Model Schaeffer i sur., ne uzima temperaturu kao ograničavajući čimbenik, pa iako daje relativno dobar opis dinamike populacija na područjima s relativno konstantnom temperaturom, nije prikladan za opis dinamike populacija na područjima s jakim sezonskim varijacijama temperature.

Matrični populacijski modeli u ovoj disertaciji konstruirani su za dvije vrste komaraca najzastupljenije na području grada Osijeka i šire okolice, Aedes vexans i Culex pipiens. Aedes vexans je

na području grada Osijeka zastupljen sa 75.59%, a *Culex pipiens* s 5.86% (Merdić i sur., 2010). Dvije modelirane vrste komaraca imaju bitno različite ekološke karakteristike i strategije preživljavanja. Karakteristika vrste komaraca *Aedes vexans* je prezimljavanje u obliku jajašaca te polijeganje jajašaca u vlažno tlo. Jajašca ove vrste izliježu se nakon što se preplave vodom. Važno za ovu vrstu je što se tijekom jedne sezone, nakon porasta vodostaja, izliježu jajašca položena tijekom reproduktivnih sezona proteklih godina, budući da su otporna na smrzavanje i isušivanje. Ova vrsta komarca karakteristična je za poplavna područja. Vrsta *Culex pipiens* karakteristična je za urbana područja. Kod ove vrste prezimljavaju adultne parene ženke, a nakon prezimljavanja jajašca poliježu na bilo koju vodenu površinu. Jajašca ove vrste nisu otporna na smrzavanje i isušivanje. Iako su modeli konstruirani za vrste *Culex pipiens* i *Aedes vexans*, oni mogu biti uopćeni za sve vrste komaraca koje dijele zajedničku strategiju preživljavanja, pa se tako model koji opisuje dinamiku komaraca *Culex pipiens* odnosi i na većinu vrsta roda *Anopheles*. Model komaraca *Aedes vexans* odnosi se i na većinu vrsta iz roda *Ochlerotatus*. Rodovi *Anopheles* i *Ochlerotatus* su na području grada Osijeka također zastupljeni. Možemo smatrati da model vrste *Aedes vexans* daje opis oko 90% ukupne populacije komaraca, a model vrste *Culex pipiens* 8% od ukupne populacije komaraca na području grada Osijeka i šire okolice.

Kako bi se na odgovarajuć način opisala dinamika svih razvojnih stadija komaraca, bilo je potrebno konstruirati projekcijsku matricu po stadijima i po starosti svake jedinke unutar svakog stadija. U model su uključena četiri osnovna razvojna stadija: jajašca, ličinke, kukuljice i adultne jedinke. Ličinke tijekom svog razvoja prolaze kroz četiri razvojna stadija, no kako ne postoje odgovarajući podaci o trajanju pojedinih ličinačkih stadija u ovisnosti o temperaturi okoliša i drugim okolišnim parametrima, ta četiri stadija, unutar ličinačkih, nisu razdvojena u modelu. Adultni stadiji dodatno su u modelu razdvojeni na jedan nuliparni ciklus u kojem se jedinke ne razmnožavaju i pet gonotropnih ciklusa. Projekcijska matrica tako opisuje cijeli prosječni životni vijek komaraca u trajanju od 99 dana, kroz četiri razvojna stadija. Na ovaj način omogućeno je postizanje vremenske odgode u pojavnosti određenih stadija, te praćenje istih tijekom godine. U modelima, populacija komaraca primarno je opisana po stadijima, no modeli razlikuju starost jedinke unutar pojedinog razvojnog stadija. Tako modeli razlikuju jajašca stara jedan dan od jajašaca starih dva dana, ili pak ličinke stare jedan dan od ličinki starih dva dana, itd. Pri nižim temperaturama okoliša razvoj pojedinih stadija je vrlo spor, no ipak je moguć. Iz tog razloga, u slučaju niskih temperatura, sve jedinke mogu zaostajati kroz stadij, tako da će ukupan razvoj pojedinog stadija trajati duže nego što to dozvoljava dimenzija njegove projekcijske podmatrice. Uzimanje u obzir maksimalnog mogućeg trajanja nekog stadija pri niskim temperaturama, zahtijevalo bi projekcijske matrice jako velikih dimenzija, čime bi se povećala ukupna pogreška modela. Ovakav način modeliranja kretanja kroz stadije, iako je kontraintuitivan, daje dobra predviđanja pojavnosti pojedinih stadija tijekom godine pri niskim temperaturama, a potreba za jako velikim projekcijskim matricama je izbjegnuta.

U nekoliko radova istaknuta je temperatura kao najvažniji čimbenik koji uvjetuje dinamiku razvoja većine člankonožaca pa tako i populacije komaraca (Taylor i sur., 1979; Bommarco 2001; Ahumada i sur., 2004; Gong i sur., 2007). Komarci su poikilotermni organizmi, te njihov razvoj ovisi o ambijentalnoj temperaturi (Ahumada i sur., 2004). Međutim, ovisnost brzine razvoja komaraca o temperaturi, dodatno usložnjava konstruiranje populacijskih modela (Rueda i sur., 1990). Vrijednosti koje opisuju vjerojatnosti prijelaza kroz stadije tijekom razvoja, uobičajeno su konstantne. No, ukoliko je brzina razvoja ovisna o temperaturi, onda je pretpostavka o konstantnim vrijednostima u matrici prikladna samo za opis onih populacija koje rastu u konstantnim okolišnim uvjetima (Ahumada i sur., 2004). Ovaj problem riješen je kreiranjem trodimenzionalne projekcijske matrice koja se mijenja svaki dan u godini, a čiji parametri između ostalih čimbenika ovise i o srednjoj dnevnoj temperaturi.

Nekoliko autora utvrdilo je korelaciju između kiše i abundance komaraca (Shaman i Day, 2007; Shone i sur., 2006). Umjerena do jaka kiša može sinkronizirati aktivnost populacije komaraca povećanjem vlažnosti zraka blizu površine, te stimulirati ženke na polijeganje jajašaca i traženje novog krvnog obroka (Provost, 1969; Dow i Gerrish, 1970; Provost, 1973; Day i Edman1988; Day i Curtis, 1989; Day i sur., 1990, Day i Curtis, 1994). U ovom radu utjecaj kiše modeliran je kroz fekunditet. Pri modeliranju fekunditeta kod oba tipa komaraca u obzir su uzete promjene uzrokovane abiotičkim čimbenicima karakterističnim za doba godine i redom gonotropnog ciklusa. Pri modeliranju fekunditeta u obzir je uzet i omjer između spolova novorođenih jedinki (BSR) koji iznosi 1:1, odnosno od svih polegnutih jajašaca 50% će biti mužjaci, a 50% ženke. Fekunditet ženki vrste *Culex pipiens* ovisan je o frekvenciji kiše, pa tako modeli uzimaju u obzir kumulativni broj kišnih dana 8 dana unazad. Ukoliko u duljem periodu nema kiše, polijeganje jajašaca kod komaraca *Culex pipiens* je onemogućeno, odnosno fekunditet je jednak nuli. Jedinke ovog komarca se također ne razmnožavaju tijekom cijelog trajanja gonotropnog ciklusa, već samo na njihovom početku. Utjecaj kiše različit je u dva tipa modela vrste *Culex pipiens*. U modelu s konstantnim kapacitetom okoliša kiša utječe jedino na fekunditet odraslih jedinki, a kapacitet okoliša za ličinke je konstantan. U drugom tipu modela, kiša utječe na fekunditet jedinki ali i na kapacitet okoliša za ličinke, pa se povećanjem frekvencije kiše povećava i kapacitet okoliša za ličinke *Culex pipiens*.

Osim promjena temperature, fekunditeta i kiše, modeli u obzir uzimaju i druge parametre koji utječu na dinamiku populacije kao što je npr. duljina dana. Duljina dana odnosno fotoperiod ima vrlo važan utjecaj na sve razvojne stadije komaraca. Većina postojećih modela ovaj utjecaj zanemaruje iako fotoperiod ograničava razvoj populacije u određenim periodima godine. Utjecaj fotoperioda u oba modela modeliran je uvođenjem granične vrijednosti ispod koje određeni stadiji ugibaju, a drugi dijapauziraju. Kod komaraca *Culex pipiens* padom fotoperioda ispod kritične vrijednosti, dijapauza se inducira u odraslih ženki, a kod vrste *Aedes vex*ans dijapauziraju jajašca. Utjecaj fotoperioda izuzetno je važan prilikom konstruiranja višegodišnjeg modela populacije, jer omogućuje prijelaz pojedinih stadija kroz period prezimljavanja, čiji se razvoj nastavlja kada su uvjeti za to ponovno povoljni.

Realni okoliš u kojem se organizmi nalaze, često ako ne i uobičajeno, nije konstantan u vremenu. Unatoč ovoj činjenici, većina matematičkih modela koji se koriste u populacijskoj dinamici i ekologiji pretpostavljaju konstantan okoliš. (Henson i Cushing, 1997). Glavna varijabla u modelima koja ograničava rast populacije je kapacitet okoliša (K), koja predstavlja maksimalnu gustoću populacije koju dozvoljavaju resursi u ograničenom okolišu (Wu i sur., 2009). No, nekoliko radova spominje činjenicu da se kapacitet okoliša tijekom vremena može mijenjati (Cohen, 1995; Rodriguez i sur, 2005, Thornley i France, 2007, Meyer i Ausubel, 1999; Wu i sur., 2009). Teoretski je dokazano da ukupna prosječna biomasa populacije u periodičnom okolišu može biti manja ili veća od ukupne prosječne biomase u konstantnom okolišu, što ovisi o prisutnim nelinearnostima i drugim specifičnim svojstvima dinamike i inherentnim periodičnostima (Henson i Cushing, 1997). Da varijabilni kapacitet okoliša može utjecati na brojnost i dinamiku razvoja populacije potvrđeno je i laboratorijskim eksperimentima. Laboratorijska istraživanja na kukcima kestenjastog brašnara, pokazala su da je ukupan broj kukaca Tribolium castaneum koji se uzgajaju u periodično flukturirajućem volumenu brašna, dva puta veći nego broj kukaca uzgajanih u konstantnom volumenu, iako je prosječan volumen brašna u kojima su bili uzgajani bio identičan u oba slučaja (Jillson, 1980). Nekoliko radova koji se bave problematikom modeliranja populacija kukaca uzimaju varijabilni kapacitet okoliša, kako bi adekvatno opisali promjene u dinamici populacija. Model populacije skakavaca (Oedaleus senegalensis) koji su konstruirali Holt i Colvin, 1997, pretpostavlja sezonske varijacije u kapacitetu okoliša kako bi se adekvatno opisala sezonska dinamika populacije ovog kukca. Shaman i sur, 2006 uveli su novi parametar u model tzv. okolišnu varijabilnost. Okolišna varijabilnost je o gustoći neovisan parametar koji ograničava rast ukupne populacije, a predstavlja učinak vlažnosti površine na ukupnu veličinu populacije. Povećanjem vlažnosti površina na kojima se komarci razmnožavaju povećava se broj prikladnih mjesta za razmnožavanje, tako da je reprodukcija i preživljavanje ličinki povećano. Stoga, povećanje vlažnosti površina podržava veću populaciju poplavnih vrsta komaraca (Shaman i sur., 2006). Autori rada predložili su inkorporaciju ovakvih parametara u druge populacijske modele uključujući jednostavne matrične populacijske modele te modele metapopulacija.

U okviru ove disertacije istražen je utjecaj načina modeliranja kapaciteta okoliša na vrstu *Culex* pipiens, pri čemu je u jednom tipu modela pretpostavljan konstantan, a u drugom modelu promjenjiv kapacitet okoliša. Rezultati dvaju modela s obzirom na simulirani okolišni stres daje bitno različite rezultate. Model u kojem je pretpostavljen konstantan kapacitet okoliša često se pojavljuju vrlo intenzivni nelinearni odgovori populacije na stres, sa višestrukim povećanjima brojnosti uslijed jakog pritiska okoliša tj. okolišnog stresa. Kapacitet okoliša za vrstu Aedes vexans je promjenjiv i ovisi o vodnom režimu okolnog područja, odnosno o veličini poplavljenog područja koji predstavlja primarna mjesta razmnožavanja za ovu vrst komaraca. Populacija komaraca vrste Aedes vexans, jajašca poliježe na vlažno tlo, a jajašca se izliježu nakon plavljenja. Budući da se porastom vodostaja vlažnost tla, na koje ovaj tip komaraca poliježe jajašca, povećava, kao i količina vode, u kojoj se mogu razvijati ličinke, pretpostavljeno je da se povećanjem vodostaja povećava i kapacitet okoliša u periodima plavljenja. Povećanje početnog kapaciteta okoliša uslijed povišenja vodostaja Dunava i/ili Drave regulirana je koeficijentom kapaciteta okoliša. Ako pretpostavimo da se volumen vode eksponencijalno povećava s porastom vodostaja, onda imamo razlog pretpostaviti da se i koeficijent kapaciteta okoliša također povećava eksponencijalno. Početna vrijednost kapaciteta okoliša prilikom svake iteracije množi se s koeficijentom kapaciteta okoliša koji ovisi o vodostaju Dunava i Drave. S obzirom na relativno kratak životni vijek komaraca ove periodične promjene u kapacitetu okoliša mogu imati značajan utjecaj na dinamiku cjelokupne populacije. Kako je iz literature poznato da kapacitet okoliša ograničava rast populacije u ličinačkim stadijima, ovisnost o gustoći kod obje vrste komaraca modelirana je samo u tim stadijima. U sumu broja jedinki koja određuje rast populacije u slijedećem vremenskom intervalu, ulaze samo ličinački stadiji. Ovaj princip modeliranja ovisnosti u gustoći u ranim razvojnim stadijima korišten je i u drugim radovima u kojima se opisuju dinamike populacija komaraca (Shaman i sur., 2006; Erikson i sur., 2010; Schaeffer i sur., 2008).

Modeli populacije komaraca *Culex pipiens* i *Aedes vexans* u potpunosti su načinjeni na temelju literaturnih podataka. Cilj modela nije bilo dnevno predviđanje brojnosti populacije komaraca, nego što bolje periodno predviđanje, kako u smislu predviđanja broja populacijskih maksimuma u određenoj godini, tako i u smislu predviđanja trajanja i intenziteta pojedinih maksimuma. Modeli su korišteni za simulacije promjene abiotičkih čimbenika, odnosno simulacije očekivanih klimatskih promjena te za simulacije učinaka i optimizaciju procesa njihove kontrole.

### 5.2. Simulacije promjene abiotičkih čimbenika

#### 5.2.1.Utjecaj promjene temperature okoliša

Komarci su ektotermni organizmi te je njihova fiziologija pod snažnim utjecajem okolišnih čimbenika. Poznato je da su kukci vrlo osjetljivi na promjene temperature u okolišu što se očituje u promjeni njihovih vitalnih populacijskih stopa a zatim i cjelokupne dinamike populacije. Brojni autori istraživali su utjecaj promjene pojedinih okolišnih čimbenika na populacije kukaca. Poznato je da okolišni parametri imaju značajan utjecaj na životni ciklus komaraca i na prijenos vektorskih bolesti (Jian i sur., 2014; Lebl i sur., 2013). Temperatura okoliša smanjuje trajanje svih razvojnih stadija komaraca (Madder i sur., 1983; Loetti i sur., 2011). Mortalitet ličinačkog razvojnog stadija snažno je povezan s temperaturom okoliša (Ciota i sur., 2014; Loetti i sur., 2011), a povišenje temperature okoliša dovodi do skraćivanja trajanja gonotropnih ciklusa odraslih jedinki (Vinogradova, 2000) te ekstrizičnog inkubacijskog perioda (vrijeme od trenutka kada se vektor zarazi patogenom do trenutka kada postaje zarazan) (Hartley i sur., 2012). Uslijed klimatskih promjena vektorske bolesti postaju globalni problem

posebice u umjerenom klimatskom pojasu u kojem su pojave vektorskih bolesti kao WNV (Sambri i sur., 2013) i Chikungunya u porastu u zadnjem desetljeću (Grandadam i sur., 2011) na cjelokupnom području Europe. Kako bi se smanjili rizici pojave vektorskih bolesti i njihovih epidemija te se glede toga na odgovarajuć način planirale mjere kontrole populacija komaraca, vrlo je važno predvidjeti utjecaj očekivanih klimatskih promjena na dinamiku populacije komaraca.

Prema posljednjem izvješću Međuvladinog panela za klimatske promjene (IPCC, 2007) globalni klimatski modeli predviđaju porast globalne prizemne temperature zraka tijekom posljednjeg desetljeća 21. stoljeća od 1.8°C do 4°C u odnosu na posljednjih 20 godina 20. stoljeća, ovisno o klimatskom scenariju emisije stakleničkih plinova (Meehl i sur. 2007). Prema rezultatima združenog globalnog klimatskog modela (Roeckner i sur. 2003; Marsland i sur. 2003) za područje Europe u razdoblju od 2041.-2070. godine očekuje se porast prizemne temperature zraka u odnosu na temperaturu tijekom 20. stoljeća. U zimskom periodu (prosinac-veljača) najveće zatopljenje predviđeno je u sjeveroistočnoj Europi gdje se predviđa porast veći od 3°C, dok je ljeti (lipanj-kolovoz) područje za kojeg se predviđa najveći porast prizemne temperature zraka južna Europa gdje se očekuje porast veći od 4°C (Branković i sur. 2010). Na području Europe sjeverno od 45°N očekuje se povećanje, a južno od 45°N smanjenje oborine. U ljetnom periodu očekuje se smanjenje oborine u umjerenim širinama srednje i zapadne Europe.

Na području kontinentalne Hrvatske, prema simulacijama dobivenim regionalnim klimatskim modelom RegCM (prema A2 klimatskom scenariju) u razdoblju od 2011. do 2040. godine, zimi se očekuje porast temperature do 0.6°C, a ljeti do 1°C (Branković i sur. 2012). U razdoblju od 2041. do 2070. godine očekivana amplituda porasta u Hrvatskoj zimi iznosi do 2°C, a ljeti do 2.4°C, također u kontinentalnom dijelu Hrvatske (Branković i sur. 2010). Očekivane promjene količine oborine u razdoblju od 2011 do 2040. godine su relativno male, posebno u kontinentalnom dijelu Hrvatske i ne očekuje se statistički značajna promjena oborine (Branković i sur. 2010).

U ovoj disertaciji istraživan je utjecaj svih okolišnih čimbenika važnih za dinamiku populacija komaraca *Aedes vexans* i *Culex pipiens* kao što su utjecaj promjene temperature okoliša, promjene kišnog režima te utjecaj promjene režima plavljenja rijeka Dunav i Drave.

Temperaturne simulacije napravljene su za obje vrste komaraca i za oba modela vrste *Culex pipeies*. Istraživan je utjecaj povišenja ali i smanjenja temperature okoliša u intervalu  $\pm 3^{\circ}$ C te utjecaj varijabilnosti temperature. Osim toga, simulirane su promjene temperatura u različitim periodima godine tj. kroz cijelu godinu, u periodu sezone te u periodima izvan reproduktivne sezone.

Istraživanja utjecaja klimatskih promjena uglavnom pokazuju vjerojatno očekivanje porasta brojnosti populacija ektotermnih organizama (Porter i sur. 1991; Cammell i Knight 1992; Cannon 1998; Crozier i Dwyer 2006; Estay i sur. 2009a). Ewing i sur. (2016) su pokazali da je povećanje srednje dnevne temperature uzrokom povećanja brojnosti odraslih jedinki *Culex pipeins*. Visoke temperature okoliša dovode do naglih porasta brojnosti te pojava najezdi komaraca *Aedes aegypty* (Chaves i sur. 2014).

U ovoj disertaciji utvrđen je značajan utjecaj promjene temperature okoliša na obje modelirane vrste komarca, pri čemu utjecaj promjene temperature nije jednoznačan. Prilikom analiziranja utjecaja promjena temperature okoliša potrebno je uzeti u obzir kako sam interval promjene temperature okoliša tako i period godine u kojem se promjena temperature događa te njezinu varijabilnost. Prilikom analize rezultata uočeno je nekoliko različitih i oprečnih rezultata promjene temperature okoliša na dinamiku populacije komaraca u smislu promjena u brojnosti i promjena u dinamici populacije u vremenom smislu.

Linearne promjene srednje godišnje temperature okoliša u intervalu od  $\pm 3^{\circ}$ C, i promjene temperature okoliša u simuliranom intervalu od  $\pm 3^{\circ}$ C koje nastupaju prije početka reproduktivne sezone

dovode za znatnih promjena u vremenskom pojavljivanju pojedinih razvojnih stadija kod obje modelirane vrste komaraca, pri čemu povišenje temperatura dovodi do ranije pojave odraslih jedinki i ličinki, a smanjenje temperature do kasnije pojave ovih razvojnih stadija. Temperaturne promjene imaju izražen učinak na dinamiku razvojnih stadija u vremenskom smislu kod obje modelirane vrste, no ovaj učinak promjene temperature nije jednako izražen u svim godinama tijekom istraživanog jedanaestogodišnjeg razdoblja. Promjene srednjih dnevnih temperatura koje se događaju samo tijekom reproduktivne sezone nemaju značajan utjecaj na dinamiku razvojnih stadija u vremenskom smislu. Analiza sinkronosti dinamike u kojoj je istraživana podudarnost u vremenom preklapanju broja populacijskih maksimuma između nulte simulacije za pojedinu godinu (simulacija sa mjerenim okolišnim parametrima) i simulacije promjene temperature za određeni interval, pokazuju da promjene temperature okoliša dovode za znatnog smanjenja sinkroniteta, pri čemu veći interval promjene temperature dovodi i do većih promjena u sinkronosti u svim godinama tijekom jedanaestogodišnjeg razdoblja.

Kod obje vrste komaraca simulirano povećanje kao i smanjenje srednjih dnevnih temperatura može rezultirati povećanjem brojnosti odraslih jedinki i ličinki komaraca na razini godine (povećanje ukupnog relativnog godišnjeg opterećenja) ili do povećanja broja jedinki u pojedinim vremenskim intervalima u godini (promjene intenziteta pojedinih populacijskih maksimuma). Promjene temperature okoliša ne dovode do linearnih promjena u relativnom opterećenju razvojnih stadija kod obje modelirane vrste, pri čemu je promjena relativnog opterećenja za pojedini simulirani interval različita kroz godine. Jednak interval promjene temperature u pojedinog godini ne rezultira jednakim odgovorom u opterećenju populacijom u drugoj godini. Ovakav rezultat pokazuje složenost i kompleksnost dinamike populacije komaraca te vrlo složen utjecaj različitih okolišnih parametara koji utječu na dinamiku i vitalne stope modeliranih vrsta.

U oba modela vrste *Culex pipiens* povišenje srednjih temperatura kroz cijelu godinu ili u periodu prije početka reproduktivne sezone znatno skraćuje trajanje dijapauze, a sniženje temperature ju produljuje u svih jedanaest promatranih godina. Ovaj učinak također nije jednako izražen po intenzitetu u svim godinama tijekom jedanaestogodišnjeg razdoblja. Poznato je da je osim fotoperioda temperatura najvažniji čimbenik koji kontrolira indukciju ili završetak dijapauze (Spielman i Wong, 1973; Madder i sur., 1983). Promjena u vremenskom trajanju dijapauze može biti izuzetno važna u procesima prijenosa vektorskih bolesti budući da dijapauzirajuće ženke mogu služiti kao rezervoar patogena između dviju reproduktivnih sezona kada sam patogen nije zarazan (Nasci i sur., 2001) te se aktivirati kada okolišni čimbenici postanu pogodni. Osim učinka skraćivanja trajanja dijapauze uslijed povišenja temperature, u modelu *Culex pipiens* s promjenjivim kapacitetom okoliša povišenje temperatura u svim godinama jedanaestogodišnjeg razdoblja dovodi do povećanja brojnosti dijapauzirajućih ženki na kraju reproduktivne sezone. Ovaj učinak povišenja temperature ne uočava se kao pravilo u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša *Culex pipiens* u kojem je broj dijapauzirajućih jedinki na kraju reproduktivne sezone u pravilu bio manji nego na početku u gotovo svim godinama tijekom jedanaestogodišnjeg razdoblja.

Ewing i sur., 2016. istraživali su utjecaj povišenja temperature na brojnost komaraca te su zaključili da male promjene temperature mogu dovesti do značajnih promjena u brojnosti *Culex pipiens* tijekom sezone. Povećanje brojnosti populacije komaraca uslijed povišenja temperature okoliša potvrđeno je i u radovima Ewing i sur. (2016) i Mirski i sur. (2012). Međutim, rezultati u okviru ove disertacije upućuju da odgovori populacije na promjene jednog okolišnog parametra nisu jednoznačni, budući da jednak interval promjene temperature ne dovodi do jednake promjene brojnosti u svim godinama za koje su rađene simulacije.

Osim samog intervala promjene temperature potrebno je uzeti u obzir i promjene varijabilnosti temperature. U randomiziranim simulacijama promjene temperature okoliša u različitim periodima

godine s različitom varijabilnosti temperature vidljivo je da je sama varijabilnost temperature čimbenik koji uvjetuje različit odgovor populacije. Kod obje modelirane vrste mala i jako velika varijabilnost temperature dovodi do promjena u dinamici populacije u vremenskom smislu, no kod obje modelirane vrste postoji granično polje varijabilnosti temperature okoliša kod kojih promjene u dinamici modeliranih vrsta u vremenskom smislu više nisu očite. Naime, pri graničnom polju varijabilnosti vremenski pomak u dinamici i pojavljivanju razvojnih stadija znatno se smanjuje kod obje modelirane vrste, te nije moguće uočiti razliku u odnosu na osnovni model simulacija za pojedinu godinu. Kod obiju vrsta kritično polje varijabilnosti srednje dnevne temperature je na 50% standardne devijacije srednje dnevne temperature, a kod *Culex pipiens* ovaj fenomen se uočava već na 20% standardne devijacije srednje dnevne temperature u simulacijama u kojima se promjena temperature događa u periodu prije početka reproduktivne sezone.

### 5.2.2.Utjecaj promjene režima plavljenja

Klimatološke simulacije promjena režima plavljenja daju nejasne rezultate kada su u pitanju promjene vodnog režima. Dunav i Drava određuju režim plavljenja područja relevantnog za populacije vrste *Aedes vexans*, pri čemu Dunav ima puno značajniji utjecaj kako na režim plavljenja tako s tim i na dinamiku ove vrste. Općenito, riječni sliv Dunava može se podijeliti na tri glavna dijela: gornji, srednji i donji dio sliva. Srednji dio dunavskog sliva proteže se od Bratislave do željeznih vrata na granici između Srbije i Rumunjske. Ovom dijelu sliva pripada i Hrvatska. Simulacije utjecaja klimatskih promjena pokazuju opće smanjenje ljetnog otjecanja u svim modelima za područje srednjeg dunavskog bazena. Simulacije pokazuju da se uslijed klimatskih promjena u ljetnim mjesecima može očekivati značajno smanjenje količine vode tijekom slijedećih nekoliko desetljeća.

Utjecaj promjene režima plavljenja na poplavne vrste komaraca vrlo je slabo istražen. U postojećim radovima uglavnom su istraživane promjene u prikladnosti staništa za pojedine vrste poplavnih komaraca uslijed klimatskih promjena te promjene areala poplavnih vrsta komaraca (Schäfer i Lundström, 2009). U ovoj disertaciji istraživan je utjecaj promjene režima plavljenja rijeka Dunav i Drave na parametre dinamike populacije *Aedes vexans*. Simulirana je promjena vodostaja Dunava i Drave u intervalima do  $\pm 50$  cm te je simulirana promjena režima plavljenja u različitim periodima godine. Osim toga, istražen je i utjecaj promjene varijabilnosti vodostaja Dunava i Drave.

Simulacije promjene režima plavljenja na vrstu Aedes vexans pokazuju da promjene intenziteta plavljenja uzrokuju znatne promjene brojnosti svih razvojnih stadija, ali za razliku od temperature ne mijenjaju dinamiku razvojnih stadija u vremenskom smislu. Povišenje vodostaja Dunava ima znatno jači utjecaj na promjene brojnosti svih razvojnih stadija vrste Aedes vexans u odnosu na utjecaj Drave koji se može smatrati zanemarivim. Analiza sinkronosti pokazuje da promjene vodostaja Dunava ne uzrokuju značajna smanjenja sinkronosti dinamike između osnovne simulacije i simulacija u kojima je promijenjen režim plavljenja Dunava pri čemu promjene vodostaja Dunava veće od ±20 cm uzrokuju značajnije promjene u dinamici. Promjene u brojnosti izražene kroz relativna opterećenja pojedinim razvojnim stadijima pokazuju da odgovor populacije na promjene režima plavljenja slijedi linearan trend te da povišenje vodostaja, odnosno povećanje intenziteta poplave, uzrokuje povećanje relativnog opterećenja odraslima i ličinkama. Nasuprot tome smanjenje intenziteta plavljenja uzrokuje smanjenje relativnog opterećenja odraslima i ličinkama. Linearne promjene režima plavljenja Dunava i Drave ne mijenjaju dinamiku razvojnih stadija u vremenskom smislu bez obzira na vremenski interval u kojem se odvija promjena režima plavljenja. Randomizirane promjene vodostaja Dunava i Drave kao i promjene u varijabilnosti režima plavljenja ne uzrokuju promjene u dinamici u vremenskom smislu već samo mijenjaju brojnost jedinki odnosno relativna opterećenja populacijom. Pri ovoj pojavi odgovor slijedi linearan trend.

#### 5.2.3. Utjecaj promjene kišnog režima na vrstu Culex pipiens

Kišni režim je važan klimatološki čimbenik s utjecajem na brojnost jedinki roda *Culex* budući da kiša primarno utječe na dostupnost staništa za polijeganje jajašca. U ovom radu istraživan je utjecaj promjene kišnog režima te odgovor populacije Culex pipiens u dva različita modela – modelu s konstantnim i modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša. U ova dva tipa modela odgovori populacije na promjene kišnog režima su različite. Već u osnovnim simulacijama dobiveni su različiti odgovori populacije na promjene kišnog režima. U modelu s konstantnim kapacitetom okoliša, u osnovnoj simulaciji u kojoj nema niti jednog kišnog dana u godini, dobivene su najveće brojnosti u svim godinama tijekom jedanaestogodišnjeg razdoblja. U simulaciji u kojoj kiša pada svaki dan u godini brojnost odrasle populacije i ličinki je bila najmanja u svim godinama tijekom razmatranog razdoblja. U modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša najveće brojnosti odraslih jedinki dobivene su upravo za rekonstruiranu dinamiku za pojedinu godinu, dok je u simulaciji u kojoj kiša pada svaki dan u godini broj nešto manji te je značajno najmanji u simulaciji u kojoj nema kiše niti jedna dan u godini. Kod ličinačkog stadija u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša najveće brojnosti ličinki dobivene su u simulaciji u kojoj kiša pada svaki dan u godini. Iz dobivenih rezultata može se zaključiti da za vrstu *Culex pipiens* veću ulogu ima distribucija kiše tijekom godine nego ju ima sama količina kiše. Valdez i sur. (2017) u svom radu također zaključuju da postoji optimalan broj kišnih dana za koje se opaža maksimum brojnosti populacije Culex, te da visoko varijabilni kišni režim može znatno smanjiti brojnost komaraca roda Culex.

Nadalje, u simulacijama randomizirane promjene kišnog režima u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša dobiveni su kontraintuitivni rezultati. Naime, u randomiziranim simulacijama pri smanjenju frekvencije kiše u odnosu na stvarni broj kišnih dana u godini za koju je rađena simulacija, kao i pri izrazitom povećanju broja kišnih dana dobivena su povećanja brojnosti odraslih jedinki. Promjene kišnog režima u gotovo svim godinama tijekom jedanaestogodišnjeg razdoblja kod stadija ličinki dovode do smanjenja njihove brojnosti naročito pri ekstremnim promjenama kišnog režima. Kod odraslih jedinki pri ekstremnim promjenama u svim godinama tijekom jedanaestogodišnjeg razdoblja došlo je do povećanja brojnosti odrasle populacije. Frekvencija kiše u većoj mjeri mijenja dinamiku populacije ličinki u vremenskom smislu u odnosu na odrasle jedinke. Nasuprot tome, u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša dobiven je intuitivan rezultat. Povećanje kišnog režima dovodi do povećanja broja odraslih i ličinki, a pri ekstremnim promjenama kišnog režima broj odraslih i broj ličinki se smanjuje. Također, i u ovom modelu promjene kišnog režima u većoj mjeri mijenjaju dinamiku populacije ličinki u vremenskom smislu u odnosu na odrasle jedinke.

Brojni autori u svom istraživanju navode povezanost porasta temperature i frekvencije kiše, te porast brojnosti populacije komaraca kao posljedicu porasta navedenih varijabli. Ipak, u nekim slučajevima su veliki porasti brojnosti populacije komaraca zabilježeni upravo nakon sušnih razdoblja (Shaman i sur., 2005; Savage i sur., 1999; Johnson i Sukhdeo, 2013). U svom istraživanju Ruiz i sur., (2017) nisu našli povezanost između perioda suše i promjena u brojnosti roda Culex. Reisen i sur., (2008) istraživali su promjene brojnosti *Culex tarsalis* na području Kalifornije te su u svom radu zaključili da je u većem području porast brojnosti u pozitivnoj korelaciji sa ukupnom precipitacijom, iako je u određenim područjima koja spadaju u najsušnije dijelove Kalifornije ta korelacija negativna. Također, Olson i sur. (1983) su pokazali da obilne kiše nisu uvijek praćene proporcionalno velikim porastom brojnosti *Culex tritaeniorhynchus* i *Culex gelidus*.

Nagla povećanja brojnosti, odnosno pojave najezdi, nakon dugog perioda suše te prve pojave kiše, zabilježena su u nekoliko radova (DeGaetano, 2005; Poncon i sur., 2007, Chuang i sur., 2011). Poznato je da komarci roda *Culex* mogu odgoditi ovipoziciju te zadržati jajašca do pojave povoljnih okolišnih uvjeta, a ovaj fenomen jače je izražen kod starijih ženki (Nayer i Knight 1981; Awahmukalah i Brooks 1985). Sušna razdoblja induciraju zadržavanje jajašca kod ženki vrste *Culex nigripalpus* čak do

5 mjeseci (Day i Edman 1988, Day i Curtis 1989). Sušna razdoblja važan su okolišni čimbenik koji utječe na ovipoziciju te neposredno i na cjelokupnu dinamiku populacije *Culex sp.* Pojava kiše nakon dužeg sušnog razdoblja dovodi do sinkronizirane ovipozicije te vrlo često pojave najezdi (Day i sur., 1990). Dodatne implikacije ovog fenomena je značajno veći titar virusa u slini ženki sa zadržanim jajašcima u usporedbi sa ženkama koje su polegle jajašca (Smartt i sur., 2010). Ova činjenica upućuje na zaključak da pojava zadržavanja jajašaca uslijed pojave suše može uzrokovati povećanje vektorskog kapaciteta komaraca te samim time znatno povećati rizik od pojave vektorskih bolesti.

Ovi naizgled kontradiktorni rezultati u literaturi i u rezultatima ove disertacije ukazuju da je odnos kišnog režima i abundance komaraca izrazito nelinearan. Na temelju rezultata ove doktorske disertacije može se zaključiti da odgovor populacije *Culex pipiens* na promjene kišnog režima ili općenito okolišni stres, uvelike ovisi o intrapopulacijskom mehanizmu regulacije (ovisnost o gustoći populacije prisutan u ličinačkom stadiju) koji je različito izražen u ovisnosti o kapacitetu okoliša. Populacije komaraca u umjetnim staništima ili u vrlo ograničenim prirodnim staništima koja su relativno konstantna, pod snažnim su utjecajem gustoće populacije u ličinačkom stadiju. Populacije komaraca *Culex pipiens* kojima su za razmnožavanje dostupna druga umjetna i prirodna staništa promjenjiva uslijed kišnog režima, odnosno sa svojstvom povećanja svog kapaciteta, nisu pod tako snažnim pritiskom intrapopulaijskog regulacijskog mehanizma. Drugim riječima, uslijed povećanja kapaciteta okoliša u pojedinim vremenskim intervalima pritisak populacije se smanjuje, te se i preživljavanje stadija koja su pod regulacijom povećava. Stoga je i odgovor između vrsta u ovisnosti o njihovom kapacitetu okoliša različit, te su nelinearnosti u populacijskim odgovorima na stres značajno različite.

Ukoliko je kapacitet okoliša za neku vrstu konstantan u pojedinim vremenskim intervalima dolazi do naglih porasta brojnosti ličinki te posljedično i do velikog mortaliteta. Međutim, nakon oslobađanja kapaciteta okoliša jedinke koje preostaju imaju veći fiziološki fitnes, otpornije su na stres te u pravilu imaju veći fekunditet, pa u narednoj generaciji dolazi do kompenzacije stresa. Iz literature je također poznato da se pri okolišnom stresu trajanje razvojnih stadija komaraca može znatno skratiti te da jedinke naglo prelaze u odrasli stadij. Takve jedinke su slabije i imaju manji fekunditet ali on je dovoljan za nastavak sljedeće generacije komaraca. Oba odgovora na stres su moguća, veliki mortalitet uz veći fiziološki fitnes ili skraćivanje trajanja stadija uz manji fiziološki fitnes, pri čemu krajnji ishod ovisi o trenutnim okolišnim čimbenicima. Istraživanja na području Tajlanda na vrsti *Aedes aegypti* pokazala su da se preživljavanje ličinki smanjuje uslijed visokih temperature okoliša dok se istovremeno fekunditet ženki povećava (Chaves i sur., 2014). Kada temperature padnu ispod ekstremnih vrijednosti, preživljavanje ličinki se vraća na normalne razine no njihov broj je povećan uslijed značajno povećanog fekunditeta te dolazi do populacijskih najezdi.

### 5.3. Vremensko-frekvencijska analiza

Razumijevanje i objašnjavanje periodičnih svojstava te višegodišnjih ciklusa populacije jedno je od središnjih problema u ekologiji. Danas su dostupne različite metode analiza vremenskih serija, a zadnjih nekoliko godina intenzivno se primjenjuju metode vremensko-frekvencijske analize podataka. Ove metode omogućavaju otkrivanje složenih podataka unutar vremenske serije koja se analizira. Većina metoda vremensko-frekvencijske analize (Fourierova transformacija, vremenski-kratka Fourieova transformacija, Multirezolucijska analiza, itd.) temeljene su na pretpostavci o stacionaranosti signala, odnosno pretpostavci da se frekvencija (varijanca) ne mijenja u vremenu. Većina istraživanja upućuje da su vremenske serije koje opisuju ekološke procese u pravilu nestacionarne (Cazelles i Hales, 2006). Sama dinamika nestacionarnosti jedna je od osnovnih karakteristika ekoloških sustava. Nedavna istraživanja pokazala su da dinamika populacije često oscilira između dvije ili više stabilnih točaka na skali od nekoliko desetljeća, te da promjene okolišnih parametara mijenjaju položaj sustava između točaka

stabilnosti. Promjene u oscilacijama zabilježene na skali od nekoliko desetljeća pojavljuju se kod populacija ptica (Barbraud i Weimerskirch, 2001; Jenouvrier i sur., 2005), te u trofičkim hranidbenim mrežama morskih ekoloških sustava (Reid i sur., 2005). Klasične metode vremensko-frekvencijske analize teško su primjenjive na ovakve, očito nestacionarne, vremenske serije. Wavelet-transformacija, koja se također temelji na klasičnoj Fourieovoj analizi, rješava problem analize nestacioanrnih vremenskih serija i trenutno predstavlja jedno od najmoćnijih alata za analizu, vizualizaciju i manipulaciju kompleksnih nestacionarnih podataka.

Teorija waveleta je relativno nov matematički alat, a već duže vrijeme se koristi u matematici, inženjeringu, ekonomiji, geologiji te posebice u obradi zvuka i slike. Posebna prednost i potencijal wavelet-transformacije je to što omogućava analizu, detektiranje periodičnosti te kvantificiranje statističkog odnosa između dvije nestacionarne vremenske serije. Analiza kros-wavelet spektra snage dvaju vremenskih serija daje uvid u vremenske intervale u kojima se dvije serije pojavljuju sa zajedničkom visokom amplitudom, a koherencija waveleta pokazuje vremenska područja u kojem dvije serije imaju konstantnu faznu razliku.

Wavelet analiza primjenjuje se relativno kratko u ekologiji, a do sada je primijenjena na istraživanje periodičnosti pojave denga groznice (Talagala i Lokupitiya, 2015.), istraživanju periodičnosti dominantnih zooplanktonskih vrsta u jezeru Little Rock Lake, Wisconson (Keitt, 2008), i istraživanju dugoročnih adaptacija migratornih ptica (*Sternula albifrons*) na promjene režima plavljenja (Jang i sur., 2014). Primjeri u kojima je istraživan međusobni utjecaj okolišnih varijabli na dinamiku populacije komaraca primjenom wavelet-transformacije su malobrojni. Simoesi sur. (2013) istraživali su dinamiku populacije *Aedes aegypti* u ovisnosti o temperaturi okoliša (minimalnoj, srednjoj i maksimalnoj), srednjoj vlažnosti zraka i precipitacije. Detektirana su samo kraka i sporadična razdoblja sa značajnim zajedničkim oscilacijama dinamike *Aedes aegypti* i okolišnih varijabli. Od svih istraživanih varijabli maksimalna temperatura okoliša pokazala se kao najbolji prediktor dinamike. Ipak, autori nisu detektirali konzistentnu povezanost između istraživanih varijabli. Razlog je vjerojatno nedovoljno duga vremenska serija abudanci populacije komarca i činjenica da se istraživana povezanost okolišnih varijabli odnosi samo na odrasle razvojne stadije.

Jedan od glavnih razloga relativno slabe primjene wavelet-analize u biologiji i ekologiji je nedostatak dovoljno dugih opažanja varijable (npr. brojnosti jedinki) u dovoljno dugom vremenskom intervalu kako bi se mogle detektirati periodičnosti unutar više godina, nekoliko desetljeća ili stoljeća. Jedan od načina prevladavanja ovog problema je iskorištavanje potencijala matematičkih modela u opisivanju dinamike populacije. Mehanistički modeli temeljeni su na osnovnim biološkim postavkama organizma koji se modelira (tzv. *bottom-up* pristup) te stoga omogućuju rekonstrukciju dinamike populacije u proizvoljno dugom vremenskom intervalu uz dostupnost podataka okolišnih parametara ulaznih varijabli modela. U ovoj disertaciji rekonstruirana je dinamika vrsta *Culex pipiens* i *Aedes vexans* u jedanaestogodišnjem razdoblju pri čemu su rezultati modela tretirani kao vremenske serije s dnevnim opažanjima brojnosti te analizirani wavelet-transformacijom.

U prvom dijelu istražene su periodičnosti unutar vremenskih serija pojedinih razvojnih stadija *Culex pipiens* i *Aedes veaxs* pojedinačno na razini svake godine te zatim kroz cijelo jedanaestogodišnje razdoblje. Periodičnosti vremenskih serija okolišnih varijabli koje se koriste kao ulazni parametri analizirane su u jedanaestogodišnjem razdoblju. Rezultati analize wavelet-transformacije vremenskih serija razvojnih stadija komaraca upućuju na postojanje periodičnosti unutar godine tijekom reproduktivne sezone u periodu od 28-34 dana. Ovaj period karakterističan je za sve razvojne stadije kod obiju modeliranih vrsta komaraca. Međutim, iako se područje maksimalnih amplituda, odnosno populacijski maksimumi, pojavljuju s periodom 28-32 dana, u pojedinim godinama značajnost perioda razvučena je u vrlo velikom intervalu od 16-64 dana što otežava praktičnu primjenu ovog rezultata.

Populacija komaraca *Culex pipiens* u oba modela pokazuje puno jače i jasnije izraženu periodičnost u odnosu na populaciju *Aedes vexans*.

Analiza periodičnih svojstava populacije *Aedes vexans* promatranih u jedanaestogodišnjem razdoblju pokazuje periodičnost stadija odraslih i stadija kukuljice, u manjoj mjeri stadija ličinke, te gubitak periodičnih svojstava populacije jajašca. Ovaj gubitak periodičnosti u pojedinim razvojnim stadijima nije zamjetan kod populacije *Culex pipiens*. Tijekom jedanaestogodišnjeg razdoblja kod obje modelirane vrste te u oba modela *Culex pipiens* postoji godišnja periodičnost odraslog stadija što je očekivano s obzirom sa izrazito sezonsku prirodu dinamike populacija komarca karakterističnu za umjerena područja u kojem klimatski čimbenici ograničavaju razvoj u pojedinim periodima godine. Kod odraslih jedinki pojavljuje se još jedan karakterističnog godišnjeg perioda unutar godina pojavljuje se značajna periodičnost od 32 dana kod obiju modeliranih vrsta. Kod vrste *Aedes vexans* u jedanaestogodišnjem razdoblju mogu se uočiti područja visokih amplituda u paru od dvije godine (2005. i 2006.; 2009. i 2010. te 2013. i 2014.). Ove razlike u amplitudi u pojedinim godinama nisu uočene kod odraslih jedinki vrste *Culex pipiens*.

Analiza periodičnih svojstava srednje dnevne temperature, vodostaja Dunava (mjerna postaja Batina) te vodostaja Drave (mjerna postaja Donji Miholjac) pokazuje postojanje značajnih perioda kod svih ovih okolišnih varijabli. Srednja dnevna temperatura na području grada Osijeka pokazuje karakterističnu godišnju periodičnost te manjim djelom mjesečnu periodičnost u periodu od 32 dana. Vodostaj Dunava i Drave pokazuje karakteristični godišnji period, no zanimljivo područja visokih amplituda pojavljuju se u paru od dvije godine (2005/2006., 2009/2010. te 2013/2014.), s time da su amplitude nešto manje kod vodostaja Drave. Osim godišnjeg perioda postoji značajna tromjesečna i mjesečna periodičnost vodostaja.

Analiza zajedničkih periodičnosti vremenskih serija pojedinih razvojnih stadija i okolišnih varijabli, promatranih na skali unutar godine dana, pokazuje nedostatak koherencije. Koherencija svih razvojnih stadija kod obje modelirane vrste s temperaturom, te kod *Aedes vexans* s vodostajem Drave i Dunava, ukazuje na vrlo krake intervale značajne koherencije, uglavnom tijekom perioda sezone, no uz stalnu izmjenu faza što upućuje da su te trenutne koherencije zapravo rezultat slučajnosti. Promatrano na razinama unutar godina nije moguće detektirati povezanost između dinamike populacije komaraca i okolišnih varijabli niti detektirati vodeće varijable. No, promatrano u jedanaestogodišnjem razdoblju vidljivo je da su populacije komaraca značajno povezane sa svim okolišnim varijablama.

Analiza koherencije razvojnih stadija obje modelirane vrste i srednje dnevne temperature pokazuje značajne zajedničke godišnje periodičnosti i postojanje koherencije, no s različitim fazama u pojedinim razvojnim stadijima. Kod jajašca i ličinki vrste *Culex pipiens* postoji značajna periodičnosti i koherencija s temperaturom okoliša kroz cjelokupno jedanaestogodišnje razdoblje pri čemu je temperatura vodeća varijabla. Kod kukuljica još uvijek postoji značajna godišnja koherencija no za razliku od prethodnih razvojnih stadija, dvije vremenske serije su u fazi. Kod odraslih jedinki koherencija više nije značajna kroz cjelokupno promatrano razdoblje već samo u određenim periodima pri čemu smjer faznih strelica upućuje da temperatura ima utjecaj na dinamiku odraslih ali s većom vremenskom odgodom. Nasuprot tome, kod vrste *Aedes vexans* u stadiju jajašca nema značajne koherencija pri čemu su vremenske serije razvojnih stadija i temperatura u fazi. Ovi rezultati upućuju na značajan utjecaj temperature kao prediktorske varijable dinamike razvoja *Culex pipiens*, no kod vrste *Aedes vexans* temperatura nije glavni prediktorski čimbenik dinamike razvoja.

Istraživanjem zajedničke koherencije vodostaja Dunava sa razvojnim stadijima vrste Aedes vexans uočava se periodično značajna koherencija u godišnjem periodu. Ova koherencija je značajna samo u intervalima u kojima se vodostaj Dunava te vremenske serije razvojnih stadija pojavljuju s

visokom zajedničkom amplitudom. U periodima značajne koherencije fazne strelice pokazuju da je vodostaj Dunava glavni čimbenik te da promjena vodostaja Dunava prethodi promjeni dinamike svih razvojnih stadija. Vodostaj Drave, u periodima u kojim postoji značajna koherencija, slijedi dinamiku razvojnih stadija ličinki, kukuljica i odraslih jedinki dok kod stadija jajašaca smjer faznih strelica više nije konzistentan.

#### 5.4. Simulacije tretiranja

Kontrola populacije komaraca vrlo je stara i vrlo složena problematika. Osim što predstavljaju smetnju za ljudsku populaciju komarci su potencijalni vektori bolesti kao što su malarija, žuta groznica, denga, filarijaza i arbovirusne groznice te encefalitis. Problemi kontrole populacija komaraca te procjenjivanje rizika od pojave i širenja vektorskih bolesti dodatno su zakomplicirani klimatskim promjenama. Klimatski čimbenici kao što su temperatura, oborina, vlažnost, fotoperiod i režim plavljenja snažno utječu na ekologiju, razvoj i ponašanje komaraca, a samim time i na dinamiku prijenosa vektorskih bolesti. Isti okolišni čimbenici koji utječu na dinamiku populacija komaraca imaju ključnu ulogu u preživljavanju i brzini prijenosa patogena koji se prenose komarcima. Temperatura okoliša utječe na brzinu razvoja patogena u vektorima tj. komarcima te na brzinu kojom salivarni sekreti komaraca postaju zarazni. Klimatske promjene stoga mogu utjecati na promjene distribucije i intenziteta vektorskih bolesti putem svojeg utjecaja na sam patogen, vektore, domaćine i okoliš (Epstein, 2001; Wu i sur., 2014). Radovi brojnih autora pokazuju da klimatske promjene pogoduju širenju nekoliko različitih vektorskih bolesti (Epstein i sur., 1998; Ostfeld i Brunner, 2015; Rodó i sur., 2013) te da ekstremne vremenske prilike dovode do izbijanja epidemija na nekarakterističnim mjestima i u nekarakterističnim vremenskim intervalima (Epstein, 2000). Nadalje, dosadašnje spoznaje pokazuju da je klima nekog područja primarni čimbenik s utjecajem na geografsku rasprostranjenost vektorskih bolesti i primarni čimbenik koji određuje vrijeme pojave i intenzitet epidemija (Kuhn i sur., 2005; Wu i sur., 2014). U republici Hrvatskoj su u zadnjih nekoliko godina također zabilježeni slučajevi pojave vektorskih bolesti. Tijekom 2010. godine zabilježen je prvi slučaj autohtonog prijenosa denge groznice, a tijekom 2012. i 2013. godine i nekoliko oboljelih od groznice Zapadnog Nila.

Moderni sustavi kontrole populacija komaraca (tzv. IVM, Integrated Vector Management) temelje se na kombinacijama različitih metoda koje uključuju uništavanje staništa pogodnih za razvoj populacija komaraca, posebno razvoja ličinki, te kemijske i biološke metode kontrole (Rose, 2001). Metode smanjivanja broja pogodnih staništa za razvoj populacija komaraca učinkovita su ukoliko se radi o populacijama komaraca *Culex pipiens* ili sličnim vrstama koje se razmnožavaju u antropogenim staništima čiji broj je moguće kontrolirati. Međutim, smanjivanje ili uništavanje staništa, kada su u pitanju poplavne vrste komaraca kao što je Aedes vexans, često podrazumijeva isušivanje močvarnih staništa, što vrlo često nije moguće ili nije u skladu s normama i trendovima zaštite prirode i okoliša. Najčešće metode kontrole populacija komaraca zapravo su različite biološke ili kemijske metode kontrole koje mogu biti usmjerene na ličinačke razvojne stadije (larvicidni tretmani) ili odrasle jedinke (adulticidni tretmani). No, za učinkovitu primjenu IVM potrebno je temeljito poznavanje osnovne biologe i ekologije vrste koja se kontrolira te poznavanje elementarnih odgovora populacije na stres. U okviru ove disertacije napravljene su simulacije različitih metoda kontrole, kako bi se utvrdili temeljni odgovori modeliranih vrsta na primijenjeni stres te iznašle zakonitosti u odgovoru populacija na primijenjene metode kontrole te se omogućila njihova optimizacija. Osim toga, simulirani su larvicidni i adulticidni tretmani na obje vrste komaraca te njihova kombinacija u jedanaestogodišnjem razdoblju.

Već iz osnovnih simulacija u jednom bloku tretiranja, različitog trajanja i različite učinkovitosti tretiranja uočavaju se osnovne razlike u učinkovitosti tretmana u pojedinim godinama kod obje modelirane vrste. U jedanaestogodišnjem razdoblju mogu se izdvojiti godine u kojima tretmani u većoj

mjeri dovode do pozitivnih učinaka, odnosno smanjenja relativnog opterećenja populacijom, i godine u kojima tretmani dovode do izrazito negativnih učinaka, odnosno do povećanja brojnosti populacije komaraca.

Kod populacije komaraca Aedes vexans adulticidni tretmani mogu dovesti do pozitivnog ili negativnog učinka na ukupnu brojnost odrasle populacije. Kod populacije *Culex pipiens* negativni učinci adulticidnog tretiranja nisu tako izraženi kao kod populacije Aedes vexans. Smjer učinka tretmana, pozitivan ili negativan, najprije ovisi o vremenu primjene tretmana. U godinama u kojima je dinamika odrasle populacije Aedes vexans dobro diferencirana, u smislu razlikovanja pojednih populacijskih maksimuma (2005., 2006., 2009., 2010., 2013. i 2014.) uočava se pravilo da ukoliko se tretmani primjenjuju u periodu kada je populacija blizu svog minimuma, rezultat tretmana je vrlo često negativan i dovodi do povećanja brojnosti odraslih jedinki, a intenzitet povećanja brojnosti odraslih jedinki raste s primijenjenom učinkovitosti tretmana. Jednaka pravilnost uočava se i kod vrste *Culex pipiens*, iako je negativan učinak u smislu povećanja brojnosti izražen u pravilu samo kod vrlo visoke učinkovitosti tretmana. Produljenje trajanja tretmana, adulticidnog i larvicidnog, pojačava intenzitet pozitivnih i negativnih učinaka tretiranja. Produljenjem trajanja tretiranja negativni učinci tretmana počinju se uočavati i pri manjim učinkovitostima tretmana. Dugi uzastopni tretmani povećavaju vjerojatnost zadiranja u vremenski period u kojem tretman više ne daje optimalan rezultat. Cailiy i sur., (2012) u svom radu također navode da kraći tretmani u pravilnim vremenskim razmacima daju bolji rezultat kontrole populacije komaraca u odnosu da duže periode tretiranja. Nadalje, larvicidni tretmani u regularnim intervalima djeluju kao preventivna mjera koja sprječava pojavu odraslih komaraca i pokazuje se učinkovitijim od adulticidnih tretmana koji se primjenjuju nakon što brojnost odraslih jedinki prijeđe kritičnu vrijednost (Cailiy i sur., 2012).

Adulticidni tretmani vrste *Culex pipiens* daju vrlo dobre rezultate i rijetko dovode do negativnih učinaka, osim pri vrlo velikim učinkovitostima tretmana, kakve nisu realne za očekivati u praksi. Kod obiju modeliranih vrsta adulticidni tretmani u pojedinim periodima dovode do povećanja brojnosti ličinki, međutim povećanja brojnosti ličinki nisu uvijek praćena i povećanjem brojnosti u odraslom stadiju. Općenito, kod vrste *Aedes vexans* karakteristični su pozitivni učinci ranih larvicidnih tretmana izvedenih tijekom travnja i posebno tijekom svibnja te njihovo znatno smanjenje brojnosti, odnosno relativnog godišnjeg opterećenja odraslom populacijom. Istovremeno, adulticidni tretmani izvedeni na samom početku sezone, imaju izrazito negativan učinak i dovode do povećanja brojnosti odraslih jedinki. Kod vrste *Aedes vexans* adulticidni tretmani pred kraj reproduktivne sezone uvijek imaju pozitivan rezultat, i dovode do smanjenja brojnosti odraslih. Međutim, primjena adulticidnog tretmana u ovom periodu kada se očekuje kraj sezone, vjerojatno nije ekonomski opravdana osim ukoliko su prisutni drugi kritični čimbenici poput pojave prisutnosti patogena vektorskih bolesti. Također se može uočiti da primijenjeni tretman određene učinkovitosti ne dovodi uvijek do proporcionalnog smanjenja u brojnosti odrasle populacije, tj. u pojedinim periodima tijekom godine je potrebno upotrijebiti znatno veći pritisak (veći mortalitet) kako bi se postigao često i minimalan učinak.

Kod obiju modeliranih vrsta komarca mogu se izdvojiti karakteristični odgovori populacije na primijenjeni stres, odnosno dodatni mortalitet kao rezultat tretiranja. Kod adulticidnih i larvicidnih tretiranja moguća su četiri tipa osnovnih odgovora. U prvom slučaju, primijenjeni adulticidni tretman dovodi do smanjenja godišnjeg relativnog opterećenja populacijom koja je tretirana. Ovaj učinak može biti linearan pa se povećanjem primijenjene učinkovitosti postižu i proporcionalno veća smanjenja u relativnom opterećenju (npr. adulticidna tretiranja kod vrste *Culex pipiens*). Međutim, odgovor ne mora nužno biti linearan već može slijediti drugačiji oblik krivulje (npr. adulticidna tretiranja na vrsti *Aedes vexans*). Drugi osnovni tip odgovora je dovođenje primijenjenim tretmanom, adulticidnim ili larvicidnim, uz svaku učinkovitost tretmana do povećanja relativnog opterećenja populacijom tretiranog stadija. Ovaj odgovor također može biti linearan (npr. adulticidna tretiranja kod vrste *Culex pipiens*). Treći tip odgovora

je slučaj inverzne hormeze u kojem pri manjim učinkovitostima tretmana dolazi do pozitivnog odgovora, odnosno smanjenja tretirane populacije, dok se pri većim učinkovitostima javlja negativan učinak, odnosno povećanje brojnosti tretirane populacije. Ovaj tip odgovora je čest kod adulticidnih tretiranja na vrsti Culex pipiens i Aedes vexans, ali javlja se i prilikom larvicidnih tretiranja. Četvrti tip odgovora javlja se kod vrste *Culex pipiens* i to relativno često prilikom larvicidnih tretiranja, a može se opisati kao klasični hormetički učinak. Hormetički učinak (hormeza) podrazumijeva suprotan učinak od očekivanog pri vrlo niskoj razini prediktora, a očekivan odgovor pri većim razinama promjene prediktora. Ovaj učinak javlja se prilikom larvicidnog tretmana nedovoljne učinkovitosti. Produljenjem trajanja larvicidnog tretmana učinak je i dalje prisutan pri vrlo malim učinkovitostima (manjim od 5%). Hormetički učinak javlja se, ali rjeđe, i kod adulticidnih tretiranja vrste *Culex pipiens*. Pojava pojedinog ishoda tretmana ovisi primarno o vremenu kada je tretman primijenjen. Prilikom analiziranja učinka larvicidnih tretiranja, posebice kod vrste *Culex pipiens* važno je napomenuti da iako je hormetički, kao i inverzni hormetički učinak vrlo čest, te dovodi do znatnih povećanja brojnosti ličinki, ovaj porast u brojnosti ličinki nije uvijek praćen i porastom u broju odraslih jedinki. Vrlo često pri pojavi hormeze u stadiju ličinke, u odraslom stadiju zapaža se pozitivan učinak larvicidnog tretmana u smanjenja relativnog opterećenja odraslom populacijom.

Simulacije dva bloka tretiranja u kojima je istraživan utjecaj različitih kombinacija vremena početka tretiranja, različite učinkovitosti tretmana i različitih tipova tretmana, također pokazuju da u svim promatranim godinama tijekom jedanaestogodišnjeg razdoblja nije bilo moguće postići jednake maksimalne učinke u smanjenju brojnosti odrasle populacije. Općenito, veća smanjenja brojnosti odrasle populacije postignuta su kod vrste *Culex pipiens* sa prosječno 70% smanjenja u brojnosti odraslim jedinkama, dok je kod vrste *Aedes vexans* maksimalno moguće smanjenje u brojnosti odraslih 47.7% Iz ovih rezultata daje se zaključiti da je vrstu *Cuelx pipiens* lakše kontrolirati, međutim primjena krivih tretmana kod ove vrste ima mnogo veći potencijal izazivanja jakih negativnih učinaka s udvostručavanjima brojnosti odrasle populacije promatrano na razini cijele godine. Zanimljivo je da je kod vrste *Culex pipiens*, bez obzira na primijenjenu kombinaciju tretmana, maksimalno moguće smanjenje brojnosti uvijek oko 70%, dok kod vrste *Aedes vexans* smanjenja u brojnosti odraslih su znatno manja u odnosu na smanjenja koja se mogu postići larvicidnim tretmanima, no istovremeno larvicidni tretmani imaju veći potencijal izazivanja negativnih učinaka.

Kod obje modelirane vrste komarca primijenjene kombinacije tretmana u dva bloka tretiranja u najvećoj mjeri rezultiraju smanjenjima ili povećanjima brojnosti odrasle populacije u intervalu  $\pm$ 5%, što se u okviru ove disertacije smatra tretmanom bez učinka. Kod vrste *Aedes vexans* čak 83.83% primijenjenih kombinacija tretiranja rezultira ovim ishodom, a kod vrste *Culex pipiens* 64.86%. Znatnija smanjenja u intervalu od 10% do 30%, mogu se postići primjenom tretmana u bilo kojoj kombinaciji (adulticidno/adulticidno, adulticidno/larvicidno, larvicidno/adulticidno, larvicidno/larvicidno) rano tijekom reproduktivne sezone, uglavnom tijekom ožujka, travnja i svibnja kod obje modelirane vrste komaraca. Primjena tretmana u tom periodu kod obje vrste s najmanjom vjerojatnosti izaziva negativne učinke, a vjerojatnosti postizanja znatnih smanjenja u brojnosti odraslih jedinki veća su od 50%.

Nelinearni odgovori populacije na stres, te vrlo neintuitivni rezultati tretiranja, odnosno kontrole populacija različitih vrsta kukaca poznati su već dulje vrijeme. Tek odnedavno ovakvi odgovori dobivaju svoja objašnjenja. Hormetički učinak poznat je već dulje vrijeme u ekotoksikologiji, a opisuje bifazični tip odgovora organizma ili stanice na rastuće koncentracije toksikanata ili nekog drugog stresora. Pri vrlo malim koncentracijama ili dozama javlja se suprotan odgovor nego pri velikim koncentracijama istog toksikanata. Učinak hormeze prvi puta opažen je u radiologiji, gdje je opisan kao fenomen radijacijske hormeze. Pri malim dozama ionizirajućeg zračenja javljaju se pozitivni učinci na organizam, pri čemu dolazi do stimulacije reparacijskih mehanizama. Ovi reparacijski mehanizmi nisu prisutni u intaktnom organizmu pri normalnim okolišnim uvjetima. Navedeni učinci već dulje vrijeme opažaju se

i na razini populacija, posebice prilikom pokušaja kontrole invazivnih vrsta ili kod populacija kukaca, a poznati su pod nazivom *Hydra efect* (Abrams, 2009.) Iako velik broj matematičkih modela predviđa pojavu ovog učinka, biološki dokazi za njega su bili relativno rijetki. Mogućnost povećanja veličine populacija kao rezultat dodatnog mortaliteta populacije opisao je Ricker (1954) koji u svom radu navodi da umjereno uništavanje odraslih jedinki dovodi do stabilizacije broja odraslih na nekoliko redova veličine većoj abudanci nego što je to bilo prije stresa. Nekoliko autora spominje ovaj tip učinka u svojim radovima Jonzen i Lundberg (1999); Boyce i sur. (1999), Abrams (2002, 2005); Abrams i Vos (2003), Abrams i sur. (2003), De Roos i sur. (2007); Ratikainen i sur. (2008); Schreiber i Rudolf (2008), Seno (2008). Hydra efekt uočen je u realnim okolišnim i laboratorijskim uvjetima. U laboratorijskim uvjetima učinak prekomenzacije na dodatni mortalitet (stres) javlja se kod populacije muha *Lucilia cuprina* (Nicholson, 1950, 1957; Moe i sur., 2002.). Postma i sur. (1994) uočili su slične učinke prekomenzacije dobro je opisan i poznat kod različitih vrsta brašnara (Dennis i sur., 1997), i javlja se kao rezultat kanibalizma odraslih stadija na ličinke svoje vrste.

Nelinearni učinci stresa, u smislu dodatnog mortaliteta na populaciju odraslih jedinki ili ličinki komaraca, dodatno kompliciraju metodologiju njihove kontrole. Prilikom planiranja i provedbe metoda kontrole potrebno je procijeniti optimalno vrijeme za tretiranja te postići dovoljnu učinkovitost tretmana kako bi se izbjegli neželjeni učinci.

# 6. Zaključci

- 1. Opterećenje populacijom pojedinih razvojnih stadija dvaju modeliranih vrsta komaraca nije homogeno distribuirano tijekom istraživanog jedanaestogodišnjeg razdoblja. Visoka opterećenja razvojnim stadijima jajašca ili ličinki ne podrazumijevaju nužno i visoka opterećenja odraslom populacijom u istoj godini i obratno. Na razini tromjesečja kod vrste Aedes vexans najveća opterećenja razvojnim stadijem jajašaca zabilježena su u drugom tromjesečju (travanj-lipanj); dok su kod ostalih razvojnih stadija najveća opterećenja u promatranom razdoblju zabilježena u trećem tromjesečju (lipanj-rujan). Najveća mjesečna opterećenja svim razvojnim stadijima vrste Aedes vexans u jedanaestogodišnjem razdoblju zabilježena su tijekom lipnja i srpnja. Analiza relativnog opterećenja pojedinim razvojnim stadijima nije jednoznačna promatrana na razini godine, i razlikuje se i između dva modela vrste Culex pipiens. U oba modela najveća tromjesečna opterećenja stadijem jajašca izračunata su za drugo tromjesečje (travanj-lipanj), no razlike postoje u relativnim opterećenjima na mjesečnoj razini. U modelu s konstantnim kapacitetom okoliša najveća opterećenja jajašcima izračunata su za travanj i lipanj, dok je u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša uvjerljivo najveće opterećenje jajašcima tijekom lipnja. Kod stadija ličinki relativna mjesečna opterećenja homogenije su raspoređena u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša. Općenito, najveća opterećenja ličinkama izračunata su za lipanj u oba modela Culex pipiens. Kod opterećenja odraslim jedinkama postoje značajnije razlike u izračunatim vrijednostima između dva modela. U modelu s konstantnim kapacitetom okoliša najveća opterećenja izračunata su za srpanj i kolovoz, dok su u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša najveća opterećenja odraslim jedinkama izračunata u lipnju i srpnju.
- 2. Indeksi intenziteta rasta (PGI) pokazuju odnos između prirasta i pada broja jedinki u promatranom vremenskom intervalu. Analizom indeksa intenziteta rasta populacije Aedes vexans u jedanaestogodišnjem razdoblju utvrđeno je da su najveći prirasti svih razvojnih stadija zabilježeni u drugom tromjesečju (travanj-lipanj). Promatrano na mjesečnim razinama najveći prirasti razvojnih stadija jajašca i kukuljice zabilježeni su tijekom svibnja, a kod razvojnih stadija kukuljica i odraslih jedinki tijekom lipnja. Populacija odraslih jedinki Aedes vexans tijekom jedanaestogodišnjeg razdoblja karakterizirana je naglim porastima brojnosti u kratkim vremenskim intervalima, te polaganim i dugotrajnijim opadanjima njihove brojnosti. Drugo tromjesečje (travanj-lipanj) "kritično" je za kontrolu brojnosti vrste Aedes vexans budući da je prirast broja odraslih jedinki najveći u tom periodu. Dva modela vrste *Culex pipens* (model s konstantnim kapacitetom okoliša i model s promjenjivim kapacitetom okoliša) u većem broju godina daju jednak rezultat u smislu vremenskog pojavljivanja i trajanja populacijskih maksimuma, no odnos između njihovog intenziteta je različit. Najveći prirast brojnosti u promatranom jedanaestogodišnjem razdoblju stadija jajašca i ličinki u oba modela je u travnju i svibnju, a kod kukuljica u svibnju i lipnju. Kod odraslih najveći prirast brojnosti je u svibnju. Indeksi potencijala rasta u oba modela *Culex pipiens* daju sličan rezultat za stadij jajašca u kojima se travanj izdvaja kao mjesec s najvećom vjerojatnošću pozitivnog prirasta broja jajašca u oba modela. Kod stadija ličinke model daje različite rezultate; kod modela s konstantnim kapacitetom okoliša najveći prirast broja ličinki je u travnju dok su u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša vjerojatnosti prirasta ličinki relativno homogeno raspoređene po mjesecima. Kod odraslih jedinki model s konstantnim kapacitetom okoliša pokazuje najveće vjerojatnosti prirasta brojnosti odraslih jedinki tijekom drugog dijela reproduktivne sezone (srpanj i kolovoz) a model s promjenjivim kapacitetom okoliša u prvom dijelu reproduktivne sezone (svibanjsrpanj).
- 3. Simulacije promjene abiotičkih čimbenika pokazuju da je srednja dnevna temperatura okolišni čimbenik koji mijenja dinamiku populacije u vremenskom smislu kod obje istraživane vrste komaraca. Povišenje srednjih dnevnih temperatura dovodi do ranije pojave ličinki i odraslih

jedinki, a smanjenje srednjih dnevnih temperatura dovodi do njihovog kasnijeg pojavljivanja. Kod vrste *Culex pipiens* promjena temperature utječe na trajanje dijapauze, pa se smanjenjem temperature trajanje dijapauze produžava, a povišenjem temperature trajanje dijapauze se skraćuje. Povišenje kao i smanjenje srednjih dnevnih temperatura može imati negativan učinak te dovesti do ukupnog godišnjeg povećanja brojnosti odraslih jedinki i ličinki. Odnos promjene srednjih dnevnih temperatura i promjena relativnog opterećenja nije linearan. Promjene srednjih dnevnih temperatura u periodima reproduktivne sezone imaju znatno manji utjecaj na promjenu dinamike u vremenskom smislu kod obje promatrane vrste komaraca u odnosu na promjenu temperature koja se događa tijekom cijele godine ili tijekom perioda prije početka reproduktivne sezone. Randomizirane promjene varijabilnosti temperature pokazuju različit učinak na dinamiku populacije obje istraživane vrste komaraca. Mala i jako velika varijabilnost dovodi do znatnijih promjena u dinamici u vremenskom smislu. Kod obje vrste komaraca postoje granične vrijednosti varijabilnosti srednjih dnevnih temperatura u kojima utjecaj promjene temperature više nije zamjetan, odnosno nije moguće uočiti razlike u vremenskom pojavljivanju razvojnih stadija kod obje modelirane vrste komaraca.

- 4. Promjene vodostaja Dunava i Drave ne mijenjaju dinamiku populacije vrste Aedes vexans u vremenskom smislu već uzrokuju promjene intenziteta populacijskih maksimuma. Promjene vodostaja Dunava imaju znatno jači utjecaj ukoliko se promjene događaju tijekom cijele godine ili u periodu prije početka reproduktivne sezone. Povišenje vodostaja Dunava dovodi do povećanja ukupnog relativnog opterećenja ličinkama i jajašcima, a smanjenje vodostaja do njihovog smanjenja. Odnos između promjene vodostaja Dunava i relativnog opterećenja ličinkama i odraslim jedinkama slijedi linearne trendove. Promjene režima plavljenja rijeke Drave imaju zanemariv utjecaj na dinamiku populacije Aedes vexans promatrano u odnosu na promjene koje uzrokuje promjena režima plavljenja rijeke Dunav.
- 5. Simulacije promjene kišnog režima pokazuju različite učinke u dva modela vrste *Culex pipiens*. U modelu s konstantnim kapacitetom okoliša najveće brojnosti odraslih i ličinki su u simulacijama u kojima nema kiše tijekom godine, a najmanje brojnosti odraslih i ličinki zabilježene su u simulacijama u kojima kiša pada svaki dan u godini, dok je u modelu s promjenjivim kapacitetom okoliša obrnuto. Ovaj potpuno neintuitivan učinak u modelu s konstantnim kapacitetom okoliša je rezultat unutarnje regulacije populacije i faktora gustoće populacije te karakteristične vremenske dinamike populacije. Promjene relativnog opterećenja ličinkama i odraslim jedinkama kao odgovor na promjenu kišnog režima u modelima *Culex pipiens* nisu linearni.
- 6. Promatrano na godišnjim razinama populacije komaraca Aedes vexans i Culex pipiens imaju karakteristična periodična svojstva s značajnim mjesečnim periodom (period od 28-32 dana), što znači da se populacijski maksimumi mogu očekivati u prosjeku svaka 32 dana, međutim značajnost te periodičnosti je razvučena u relativno velikom vremenskom intervalu od 16-64 dana. Analiza periodičnosti dvaju modeliranih vrsta u jedanaestogodišnjem razdoblju pokazuje znatno izraženija periodična svojstva vrste *Culex pipiens*. Populacije odraslih jedinki i populacije kukuljica obije modelirane vrste pokazuju značajnu periodičnost na godišnjoj razini (značajan period od 365 dana), te značajan mjesečni period u intervalu od 28-34 dana. Međutim, kod vrste *Aedes vexans* periodična svojstva populacije se počinju gubiti kod stadija ličinki, dok kod stadija jajašca više ne postoji značajna godišnja periodičnost u cijelom promatranom razdoblju. Kod vrste *Culex pipiens* periodičnost na godišnjoj i mjesečnoj razini ostaje očuvana kroz sve razvojne stadije i u cijelom promatranom razdoblju.
- 7. Srednja dnevna temperatura okoliša na području grada Osijeka pokazuje značajnu godišnju periodičnost te mjesečnu periodičnost (32 dana) koja se pojavljuje s manjim promjenama amplitude u odnosu na godišnju periodičnost. Vodostaj Dunava (mjerna postaja Batina) pokazuje nekoliko značajnih perioda. Periodičnost na godišnjoj razini je značajna u cjelokupnom promatranom razdoblju od jedanaest godina. Osim godišnje periodičnosti, jasno se uočavaju

dvogodišnji pulsovi vodostaja s velikom amplitudom nakon čega slijede dvije godine s znatno manjom amplitudom vodostaja. Općenito, amplitude dvogodišnjih pluseva se smanjuju u promatranom jedanaestogodišnjem periodu. Ovo slabljenje amplitude vodostaja može se pripisati klimatskim promjenama. Osim godišnje periodičnosti vodostaj Dunava pokazuje karakteristične tromjesečne i mjesečne periode. Vodostaj Drave (mjerna postaja Donji Miholjac) pokazuje značajnu godišnju periodičnost. Na razini godina u promatranom jedanaestogodišnjem razdoblju mogu se uočiti dvogodišnji pulsovi visoke amplitude, nakon čega slijede dvogodišnje razdoblje s manjom amplitudom vodostaja. Tijekom 2012. godine značajan period od 365 dana se skraćuje te se maksimalne amplitude vodostaja pojavljuju s periodom od 256 dana.

- 8. Analiza zajedničkih periodičnosti vremenskih serija razvojnih stadija modeliranih vrsta komaraca i srednje dnevne temperature na području grada Osijeka pokazuje da na godišnjoj razini, odnosno unutar perioda reproduktivne sezone, ne postoje konzistentne koherencije niti s jednim razvojnim stadijem kod obje modelirane vrste komaraca. Koherencija postoji u vrlo kratkim vremenskim intervalima no fazne razlike nisu konzistentne, stoga se ove kratkotrajne koherencije na razini godine mogu pripisati slučajnostima. Ovo također upućuje na to da srednja dnevna temperature na godišnjoj razini nije dobar prediktor dinamike populacije modeliranih vrsta.
- 9. Analiza zajedničkih periodičnosti vremenskih serija razvojnih stadija Aedes vexans i vodostaja Dunava pokazuju značajnu godišnju periodičnost pri čemu je vodostaj Dunava vodeća varijabla. Vodostaj Dunava i populacija komaraca Aedes vexans pojavljuju se s velikom amplitudom u dvogodišnjem razdoblju, nakon čega slijedi dvogodišnje razdoblje u kojem je amplituda manja. Ovo praktično znači da se velike brojnosti, odnosno invazije komaraca Aedes vexans mogu očekivati u paru od dvije godine svake dvije godine. Koherencije između dvije vremenske serije su značajne tijekom razdoblja u kojem su i amplitude obiju vremenskih serija visoke.
- 10. Temperatura je okolišni čimbenik koji generira dinamiku vrste *Culex pipiens*, dok je kod vrste *Aedes vexans* to vodostaj Dunava. U godinama u kojima se vodostaj Dunava ne pokazuje kao vodeća varijabla dinamike *Aedes vexans* zabilježene su i male amplitude u vremenskim serijama razvojnih stadija *Aedes vexans*.
- 11. Simulacije jednog i dva bloka tretiranja, pokazuju da u svim godinama nije moguće postići jednak maksimalan učinak u smanjenju brojnosti odrasle populacije. Općenito, veći maksimalno mogući postotci u smanjenju brojnosti populacije odraslih dobiveni su za vrstu *Culex pipiens*, dok su maksimalno moguća smanjenja u brojnosti odrasle populacije kod vrste *Aedes vexans* znatno manja. Maksimalna moguća smanjenja brojnosti odrasle populacije *Culex pipiens*, u dva bloka tretiranja iznose oko 70% bez obzira na kombinaciju tretmana, no larvicidni tretmani imaju potencijal izazivanja većeg maksimalno mogućeg negativnog učinka. Kod vrste *Aedes vexans* larvicidni tretmani omogućuju postizanje većeg maksimalno mogućeg učinka, no istovremeno imaju puno veći potencijal izazivanja maksimalno mogućih negativnih učinaka. Općenito govoreći, larvicidni tretmani često mogu postići veći učinak u smanjenju brojnosti populacije, no mogu se smatrati opasnijima jer imaju potencijal izazivanja vrlo negativnih učinaka ukoliko se primjenjuju u krivo vrijeme ili s krivom učinkovitosti.
- 12. Adulticini i larvicidni tretmani kod obiju modeliranih vrsta komaraca mogu imati pozitivan učinak te dovesti do smanjenja relativnog opterećenja populacijom, ali i negativan učinak te dovesti do povećanja relativnog opterećenja populacijom. Učinak tretmana ovisi o vremenu primjene tretmana. Kod populacije *Aedes vexans* postoje godine kod kojih tretmani u gotovo svakom segmentu uzrokuju negativan učinak na brojnost populacije komaraca *Aedes vexans*. Isto tako postoje godine u kojima tretmani u svakom segmentu dovode do smanjenja brojnosti jedinki, odnosno možemo reći da postoje godine u kojima je planiranje i provedba tretmana lakša budući da su ishodi tretiranja većinom pozitivni, i postoje godine u kojima je planiranje i provedba tretiranja izrazito teška i osjetljiva budući da su ishodi tretiranja vrlo često negativni. Adulticindi i larvicidni tretmani određene učinkovitosti ne dovode do proporcionalnog

smanjenja brojnosti ličinki i odraslih jedinki kod vrste *Aedes vexans*. U pojedinim vremenskim periodima potrebno je upotrijebiti znatno veću učinkovitost tretmana kako bi se postigao ekvivalentan učinak smanjenja populacije.

- 13. Kod obiju modeliranih vrsta komaraca larvicidni tretmani vrlo male učinkovitosti često dovode do pojave negativnog (hormetičkog) učinka, odnosno povećanja relativnog opterećenja ličinkama. Pojava hormeze primarno ovisi o vremenu tretiranja a zatim i o učinkovitosti tretmana. Male, ili jako velike učinkovitosti tretmana često su povezane s negativnim učincima tretiranja, odnosno povećanjima brojnosti odraslih. Optimalna je primjena tretmana sa učinkovitostima od minimalno 10% do 60% u smanjenju ukupne tretirane populacije.
- 14. Smanjenje brojnosti ličinki nakon primjene larvicidnog tretmana nije uvijek praćeno i smanjenjem u relativnom opterećenju odraslim jedinkama kod obiju modeliranih vrsta. U pojedinim vremenskim intervalima čak i vrlo velika smanjena relativnog opterećenja ličinkama dovode do negativnog učinka, odnosno znatnih povećanja u relativnom opterećenju odraslim jedinkama.
- 15. Kod obje modelirane vrste komarca, primijenjene kombinacije tretmana (za dva bloka tretiranja) u najvećoj mjeri rezultiraju smanjenjima ili povećanjima brojnosti odrasle populacije u intervalu ±5%, što se u okviru ove disertacije smatra tretmanom bez učinka. Kod vrste Aedes vexans čak 83.83% primijenjenih kombinacija tretiranja rezultira ovim ishodom, a kod vrste Culex pipiens 64.86%.
- 16. Simulacije dva bloka tretiranja pokazuju da kombinacija dva bloka tretiranja isključivo adulticidnih tretmana može smanjiti brojnost odrasle populacije *Aedes vexans* do maksimalno 42.28% (prosječno u 28.3±8.7% u 11 godina). Maksimalni negativan učinak koji je moguće izazvati isključivo adulticidnim tretmanima kod vrste *Aedes vexans* nije veći od maksimalnih pozitivnih učinaka koje je moguće postići i iznosi prosječno 27.8±5.4%. Kod vrste *Culex pipiens* kombinacije tretiranja u kojima su oba tretmana adulticidna omogućavaju postizanje maksimalno mogućeg smanjenja u brojnosti odraslih od čak 81.41% (prosječno maksimalno moguće smanjenje kroz 11 godina 70.8±11.2%). Maksimalni negativni učinci ove kombinacije tretmana mogu biti vrlo veliki (80-99%) no gledano u jedanaestogodišnjem periodu relativno su rijetki i pojavljuju se samo u 3 od 11 godina. Maksimalno moguć negativan učinak gledano prosječno na jedanaest godina manji od maksimalnih pozitivnih učinaka ove kombinacije tretmana i iznosi 55.1±28%.
- 17. Za obje modelirane vrste komaraca simulacije jednog i dva bloka pokazuju da se optimalni rezultati u smanjenju brojnosti odrasle populacije postižu tretmanima rano tijekom reproduktivne sezone. Primjena tretmana u bilo kojoj kombinaciji (adulticidno/adulticidno, adulticidno/larvicidno, larvicidno/adulticidno, larvicidno/larvicidno) rano tijekom reproduktivne sezone (60. do 120. dan u godini; 1.3. do 30.4.), rezultira smanjenjem brojnosti odrasle populacije za 10% do 30% kod vrste *Aedes vexans* (vjerojatnost veća od 55%); a kod vrste *Culex pipiens* primjena tretmana u periodu od 65. do 100. te 130. do 135. dana u godini (6.3. do 10.4. te 10.5. do 15.5.) rezultira smanjenjem brojnosti odrasle populacije za 10% do 30%. Također, tretmani primijenjeni u periodu od 265. do 275. dana u godini (22.9. do 2.10.) rezultiraju smanjenjem brojnosti odraslih primarno kroz smanjenje broj odraslih ženki koje ulaze u stanje dijapauze (minimalna vjerojatnost za navedena pravila je 50%).

# 7. Literatura

Abrams PA and Vos M. 2003. Adaptation, density dependence, and the abundances of trophic levels. Evol Ecol Res, 5, 1113–1132.

Abrams PA, Brassil CE and Holt RD. 2003. Dynamics and responses to mortality rates of competing predators undergoing predator-prey cycles. Theor Popul Biol 64, 163–176.

Abrams PA. 2005. The consequences of predator and prey adaptations for top-down and bottom-up effects. In: Ecology of Predator-Prey Interactions (eds Barbosa, P. & Castellanos, I.). Oxford University Press, Oxford, pp. 279–297.

Abrams, P.A. (2002). Will declining population sizes warn us of impending extinctions? Am. Nat., 160, 293–305.

Agnew P, Haussy C, Michlakis Y. 2000. Effects of Density and Larval Competition on Selected Life History Traits of Culex pipiens quinquefasciatus (Diptera: Culicidae), J Med Entomol 37(5):732-735.

Agrawal R, Srikant, R. 1994. Fast algorithms for mining association rules in large databases. In Proc. of the 20th International Conference on Very Large Data Bases, pages 487–499, Santiago, Chile.

Ahumada JA, Lapointe D, Samuel MD. 2004. Modeling the Population Dynamics of Culex quinquefasciatus (Diptera: Culicidae), along an Elevational Gradient in Hawaii; J Med Entomol 41(6) 1157-1170.

Akçakaya HR, 2000. Population Viability Analyses with Demographically and Spatially Structured Models; Ecoll Bull 48:23-38.

Andreas Klöckner, Nicolas Pinto, Yunsup Lee, Bryan Catanzaro, Paul Ivanov, Ahmed Fasih, PyCUDA and PyOpenCL: A scripting-based approach to GPU run-time code generation, Parallel Computing, Volume 38, Issue 3, March 2012, Pages 157-174

Artzrouni M, Gouteux JP. 2006. A parity-structured matrix model for tsetse populations. Math Biosci 204:215-231.

Awahmukalah DS, Brooks MA. Viability of Culex pipiens pipiens eggs affected by nutrition and aposymbiosis. J. Invertebr. Pathol 1985;45:225–230. [PubMed: 3981032]

B. J. Johnson, M.V.K. Sukhdeo; Drought-Induced Amplification of Local and Regional West Nile Virus Infection Rates in New Jersey. J Med Entomol 2013; 50 (1): 195-204. doi: 10.1603/ME12035

Benzer S. 1959. On the topology of the genetic fine structure. Proc Natl Acad Sci USA 45:1607–1620.

Bierzychudek P. 1999. Looking backwards: assessing the projections of a transition matrix model. Ecol Appl 9:1278–1287.

Bohart M, Washino RC. 1978. Mosquitoes of California. Division of Agricultural Sciences, Publ. 4084, University of California, Berkeley, CA.

Bommarco, 2001. Using matrix models to explore the influence of temperature on population growth of arthropod pests, Agr Forest Entomol 3:275-283.

Bonhomme R. 2000. Bases and limits to using 'degree.day' units, Europ J Agronomy 13:1-10.

Bowen MF, Davis EE, Haggart DA. 1988. A behavioral and sensory analysis of host seeking behavior in the diapausing mosquito Culex pipiens. J Insect Physiol 34:805-813.

Boyce MS, Sinclair ARE and White GA. 1999. Seasonal compensation of predation and harvesting. Oikos, 87, 419–426.

Brain P, Cousens R. 1989. An equation to describe dose responses where there is stimulation of growth at low doses, Weed Research, 29, 93–96.

Cailly P, Tran A, Balenghien T, L'Ambert G, Toty C, Ezanno P. 2012. A climate-driven abundance model to assess mosquito control strategies. Ecol Mode 227:7–17.

Caswell H 2001. Matrix Population Models: Construction, Analysis, and Interpretation, second ed., Sinauer Associates, Inc., Sunderland, MA.

Chaves LF, Scott TW, Morrison AC, Takada T: Hot temperatures can force delayed mosquito outbreaks via sequential changes in Aedes aegypti demographic parameters in autocorrelated environments. Acta Tropica 2014, 129 SI 15–24

Clutton-Brock TH, Coulson T. 2002., Comparative ungulate dynamics: the devil is in the detail. Phil Trans R Soc Lond. B 357, 1285–1298.

Cohen JE. 1995. Population growth and Earth's human carrying capacity. Science 269, 341-346.

Cohen JE. 2004. Mathematics is biology's next microscope, only better; biology is mathematics' next physics, only better. PLoS Biol 2(12): e439.

Cole LC. 1954. The population consequences of life history phenomena. Q Rev Biol 20:103-137.

Crans WJ, McNelley JR. 1998. A classification system for northeastern mosquito life cycles. Northeastern Mosquito Control Association.

Crooks KR, Sanjayan MA, Doak DF. 1998. New insights on cheetah conservation through demographic modeling. Conserv Biol 12 (4): 889-895; 1998.

Day JF, Curtis GA, Edman JD. 1990. Rainfall-directed oviposition behavior of Culex nigripalpus (Diptera: Culicidae) and its influence on St. Louis encephalitis virus transmission in Indian River County, Florida. J Med Entomol 27:43–50.

Day JF, Curtis GA, Edman JD. Rainfall-directed oviposition behavior of Culex nigripalpus (Diptera: Culicidae) and its influence on St. Louis encephalitis virus transmission in Indian River County, Florida. J. Med. Entomol 1990;27:43–50. [PubMed: 2299655]

Day JF, Curtis GA. 1989. Influence of rainfall on Culex nigripalpus (Diptera: Culicidae) blood-feeding behavior in Indian River County, Florida. Ann Entomol Soc Am 82:32–37.

Day JF, Curtis GA. 1994. When it rains they soar - and that makes Culex nigripalpus a dangerous mosquito. Am Entomol 40:162–167.

Day JF, Curtis GA. Influence of rainfall on Culex nigripalpus (Diptera: Culicidae) blood-feeding behavior in Indian River County, Florida. J. Med. Entomol 1989;82:32–37.

Day JF, Edman JD. 1988. Host location, blood-feeding, and oviposition behavior of Culex nigripalpus (Diptera: Culicidae): their influence on St. Louis encephalitis virus transmission in southern Florida. Misc Publ Entomol Soc Am 68:1–8.

De Roos AM, Schellekens T, van Kooten T, van de Wolfshaar K, Claessen D, and Persson L. 2007. Food-dependent growth leads to overcompensation in stage-specific biomass when mortality increases: the influence of maturation vs. Reproduction regulation. Am Nat 170, E59–E76.

Dennis B, Desharnais RA, Cushing JM, Costantino R. 1997. Transitions in population dynamics: equilibria to period cycles to aperiodic cycles. J Anim Ecol 66, 704–729.

Dow RP, Gerrish GM. 1970. Day-to-day change in relative humidity and the activity of Culex nigripalpus (Diptera: Culicidae). Ann Entomol Soc Am 63:995–999.

Durand R, Bonhomme R, Derieux M. 1982. Seuil optimal des sommes de temperature: application au mais (Zea mays L.). Agronomie 7, 589–597.

Edelstein-Keshet L. 1988. Mathematical Models in Biology. The Random House, New York.

Eldridge BF. 1965. The influence of environmental factors on blood-feeding and hibernation in mosquitoes of Culex pipens complex. PhD Thesis, Purdue Univ., 96 pp.

Epstein PR, Diaz HF, Elias S, Grabherr G, Graham NE, Martens WJ, Mosley-Thompson E, Susskind J. 1998. Biological and physical signs of climate change: focus on mosquito-borne diseases. Bull Am Meteorol Soc 79, 409–417.

Epstein PR, 2001. Climate change and emerging infectious diseases. Microbes Infect 3, 747–754.

Epstein PR. 2000. Is global warming harmful to health? Sci Am 283, 50-57.

Erdös P, Rényi A. 1960. On the evolution of random graphs. Publ Math Inst Hung Acad Sci 5:17-61.

Erickson RA, Presley SM, Allen LJS, Long KR, Cox SB. 2010. A stage-structured, Aedes albopictus population model. Ecol Model 221:1273-1282.

Euler L. 1760. Recherches generales sur la mortalite et la multiplication. Memoires de l'Academie Royal des Sciences et Belles Lettres 16: 144–164.

Ewens WJ. 1972. The sampling theory of selectively neutral alleles. Theor Popul Biol 3:87–112.

Faraj C, Elkohli M, Lyagoubi M. 2006. Cycle gonotrophique de Culex pipiens (Diptera :Culicidae), vecteur potentiel du virus West Nile, au Maroc : estimation de la durée en laboratoire. Bull Soc Pathol Exot, 99, 2, 119-121.

Fisher RA. 1937. The wave of advance of advantageous genes. Ann Eugenics 7:353–369.

Fisher RA. 1950. Contributions to mathematical statistics. Tukey J, indexer. New York: Wiley. 1 v.

Galton F. 1889. Natural inheritance. London: Macmillan. 259 p.

Gerberg EJ, Barnard DR, Ward RA. 1994. Manual for mosquito rearing and experimental techniques. AMCA Bulletin N°5 (revised), American Mosquito Control Association, 98 pp.

Gertsev VI, Gertseva VV. 2004. Classification of mathematical models in ecology. Ecol Model 178:329-334.

Gjullin CM, Yates WW, Stage Asd HH. 1950. Studies on Aedes vexans and Aedes sticticus, flood-water mosquitoes, in the lower Columbia River Valley, Annals Entomological Society of America [Vol. 43,1950.]

Gong H, DeGaetano A, Harringto LC. 2007. A Climate Based Mosquito Population Model; Proceedings of the World Congress on Engineering and Computer Science 2007, WCECS 2007, October 24-26, 2007, San Francisco, US.

Gouhier, T.C., and F. Guichard. 2014. Synchrony: quantifying variability in space and time. Methods in Ecology and Evolution 5:524-533

Hahsler M, 2017. arulesViz: Visualizing Association Rules and Frequent Itemsets. R package version 1.2-1. <u>https://CRAN.R-project.org/package=arulesViz</u>

Hahsler M, Chelluboina S, Hornik K, Buchta C. 2011. The arules R-package ecosystem: Analyzing interesting patterns from large transaction datasets. Journal of Machine Learning Research, 12:1977--1981. URL: <u>http://jmlr.csail.mit.edu/papers/v12/hahsler11a.html</u>.

Hahsler M, Gruen B, Hornik K. 2005. arules – A Computational Environment for Mining Association Rules and Frequent Item Sets. Journal of Statistical Software 14/15. URL: http://dx.doi.org/10.18637/jss.v014.i15.

Hardy GH, 1908. Mendelian proportions in a mixed population. Science 28: 49-50.

Henson SM, Cushing JM. 1997. The effect of periodic habitat fuctuations on a nonlinear insect population model, J Math Biol 36: 201-226.

Heppell SS, Walters JR, Crowder LB. 1994. Evaluating management alternatives for red-cockaded woodpeckers: a modeling approach. Jour of Wild Manag 58(3): 479-487.

Herms DA. 2007. Using Degree-Days and Plant Phenology to Predict Pest Activity (Chapter 11), IPM of Midwest Landscapes: Tactics and Tools for IPM, 2007 Regents of the University of Minnesota.

Holt J, Colvin J. 1997. A differential equation model of the interaction between the migration of the Senegalese grasshopper, Oedaleus senegalensis, its predators, and a seasonal habitat, Ecol Modell 101:185-193.

Hoppensteadt FC. 1982. Mathematical Methods of Population Biology. Cambridge University Press, Cambridge.

Horsfall WR. 1955. Mosquitoes. Their bionomics and Relation to Disease. The Ronald Press Company, New York. 723 p.

Ihaka R, Gentleman R. 1996. R: a language for dana analysis and graphics, J Comput Graph Statist 5:299-314.

Il'Chenko LYa. 1974. The influence of exploitation regimes filtration fields on the numbers and development of Culex pipiens mosquitoes. Med parazitol parazit bolesni 43.3:335-341 (In Russian). in Vinogradova A. Culex Pipiens Pipiens Mosquitoes: Taxonomy, Distribution, Ecology, Physiology, Genetics, Applied Importance and Control (Pensoft Series Parasitologica, 2). Pensoft Publishers, 2000, (str.48).

Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) 2007: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 str.

Jarry M, Gouteux JP, Khaladi M. 1996. Are Tsetse fly populations close to equilibrium? Acta Biotheor 44:317-333.

Jenkins SH. 1988. Use and abuse of demographic models of population growth. Bull Entomol Soc Am 69:201-207.

Jillson D. 1980. Insect populations respond to fuctuating environments, Nature 288:699-700.

Jonzén N, and Lundberg P. 1999. Temporally structured density dependence and population management. Ann Zool Fenn 36, 39–44.

Jørgensen SE. 1994. Models as instruments for combination of ecological theory and environmental practice. Ecol Model 75-76, 5–20.

Juliano SA. 2007. Population dynamics. J Am Mosq Control Assoc 23:265-275.

Kamura T. 1959. Studies on the Culex pipiens group of Japan. 4. Ecological studies on the Nagasaki molestus, Endemic Dis Bull Nagasaki Univ 1,1:51-59. in Vinogradova A. Culex Pipiens Pipiens

Mosquitoes: Taxonomy, Distribution, Ecology, Physiology, Genetics, Applied Importance and Control (Pensoft Series Parasitologica, 2). Pensoft Publishers, 2000, (str.100).

Keyfitz N. 1968. Introduction to the mathematics of population. Reading (Massachusetts): Addison-Wesley. 450 p.

Keyfitz N. 1977. Introduction to the Mathematics of Population with Revisions, Addison-Wesley, Reading, MA.

Kimura M. 1994. Population genetics, molecular evolution, and the neutral theory: Selected papers. Takahata N, editor. Chicago: University of Chicago Press. 686 p.

Kingman JFC. 1982. On the genealogy of large populations. J Appl Prob 19A: 27-43.

Kingman JFC. 1982. The coalescent. Stoch Proc Appl 13: 235–248.

Knight RL, Walton VE, O'Mearac GF, Reisen WK, Wass R. 2003. Strategies for effective mosquito control in constructed treatment wetlands; Ecol Eng 21:211–232.

Kolmogorov A, Petrovsky I, Piscounov N. 1937. Etude de l'equation de la diffusion avec croissance de la quantite de matiere et son application a un probleme biologique. Moscow University Bull Math 1: 1–25.

Kuhn K, Campbell-Lendrum D, Haines A, Cox J. 2005. Using Climate to Predict Infectious Disease Epidemics. World Health Organization, Geneva, Switzerland

Lebreton JD. 1996. Demographic models for subdivided populations: the renewal equation approach, Theor Popul Biol 49 291.

Lefkovitch LP. 1965. The study of population growth in organisms grouped by stages. Biometrics 21:1-18.

Lemon J. 2006. Plotrix: a package in the red light district of R. R-News, 6(4): 8-12.

Leslie PH. 1946. On the use of matrices in certain population mathematics, Biometrika 33 183.

Leslie PH. 1948. Some further notes on the use of matrices in population mathematics. Biometrika, 35(3–4), 213–24.

Leslie PH. 1959. The properties of a certain lag type of population growth and the influence of an external random factor on a number of such populations. Phys Zool 32:151–159.

Lotka A. 1902. Stability of the normal age distribution, Proc Nat Acad Sci 8:339-345.

Lotka A. 1925. Elements of physical biology. Baltimore: Williams and Wilkins. 460 p.

Luria SE, Delbruck M. 1943. Mutations of bacteria from virus sensitivity to virus resistance. Genetics 28:491–511.

Madder DJ, Surgeoner GA, Helson BV. 1983. Induction of diapause in Culex pipiens and Culex restuans (Diptera, Culicidae) in southern Ontario. Can Ent 115,8:877:883.

Markov AA. 1906. Extension of the law of large numbers to dependent variables [Russian]. Izv Fiz-Matem Obsch Kazan Univ (2nd Ser) 15:135–156.

McDonald DB i Caswell H. 1993. Matrix methods in avian demography. Curr Ornit 10:139-185.

Meehl GA, Stocker TF, Collins WD, Friedlingstein P, Gaye AT, Gregory JM., Kitoh A, Knutti R, Murphy JM, Noda A, Raper SC., Watterson IG, Weaver AJ., Zhao Z.-C. 2007: Global Climate Projections. U: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Solomon, S., D. Qin,

M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 996 str.

Merdić E, Sudarić-Bogojević M, Boca I, Turić N. 2010. Determined and estimated mosquito (Diptera, Culicidae) fauna in the city of Osijek, Croatia, using dry-ice baited CDC traps, Periodicum Biologorum VOL. 112, No 2, 201–205.

Meyer PS i Ausubel JH. 1999. Carrying Capacity: A Model with Logistically Varying Limits, Technol Forecast Soc Change 61(3):209-214.

Mitchell CJ. 1983. Differentiation of host seeking behavior from blood-feeding behavior in overwintering Culex pipiens (Diptera: Culicidae) and observations on gonotrophic dissociation. J Med Entomol 20:157-163.

Moe SJ, Stenseth NC, Smith RH. 200). Density-dependent compensation in blowfly populations give indirectly positive effects of a toxicant. Ecology, 83, 1597–1603.

Nayer JK, Knight JW. Ovarian development in Culex nigripalpus and its implication for disease transmission. Entomol. Exp. Appl 1981;29:49–59

Nicholson AJ. 1950. Population oscillations caused by competition for food. Nature 165, 476–477.

Olson, J. G., Atmosoedjono, S., Lee, V. H., Ksiazek, T. G., 1983. Correlation Between population Indices of Culex Tritaeniorhynchus and Cx. Gelidus (Diptera: Culicidae) and Rainfall in Kapuk, Indonesia. J. Med. Entomol. 20, 108–109, doi: 10.1093/jmedent/20.1.108.

Ostfeld RS, Brunner JL. 2015. Climate change and Ixodes tick-borne diseases of humans. Philos Trans R Soc Lond Ser B Biol Sci 370 (20) (140,051).

Pearson K, Lee A. 1903. On the laws of inheritance in man. Biometrika 2:357-462.

Pfister CA. 1998. Patterns of variance in stage-structured populations: evolutionary predictions and ecological implications. Proc Natl Acad Sci USA 95, 213–218.

Porphyre T, Bicout DJ, Sabatier P. 2005. Modelling the abundance of mosquito vectors versus flooding dynamics; Ecol Model 183:173–181.

Postma JF, Buckert-de Jong MC, Staats N, Davids C. 1994. Chronic toxicity of cadmium to *Chironomus riparius* (Diptera: Chironomidae) at different food levels. Arch Environ Contam Toxicol, 26, 143–148.

Pratt HD, Moore GC. 1993. Mosquitoes of public health importance and their control. U.S. Department of Health and Human Services, Atlanta.

Provost MW. 1969. The natural history of Culex nigripalpus. Fla State Bd Hlth Monograph 12:46-62.

Provost MW. 1973. Mosquito flight and night relative humidity in Florida. Fla Scient 36:217-225.

R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL <u>https://www.R-project.org/</u>.

R Development Core Team, 2010. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, URL http://www.R-project.org.

Ratikaine II, Gill JA, Gunnarson TG, Sutherland WJ, Kokko H. 2008. When density dependence is not instantaneous: theoretical developments and management implications. Ecol Lett 11, 184–198.

Real LA, Levin SA. 1991. The role of theory in the rise of modern ecology. In: Real, L.A., Brown, J.H. (Eds.), Foundations of Ecology. The University of Chicago Press, Chicago.

Reisen WK, Fang Y, Martinez VM: Effects of temperature on the transmission of west nile virus by Culex tarsalis (Diptera: Culicidae). J Med Entomol. 2006, 43 (2): 309-317.

Reisen WK, Milby MM, Bock ME. 1984. The effects of immature stress on selected events in the life history of Culex tarsalis. Mosq News 44:385-395.

Ricker WE. 1954. Stock and recruitment. J Fish Res Board Can 11, 559-623.

Ritz C, Streibig JC. 2005. Bioassay Analysis using R. J Statist Software, Vol 12, Issue 5.

Ritz C. 2009. Towards a unified approach to dose-response modeling in ecotoxicology To appear in Environ Toxicol Chem.

Rodó X, Pascual M, Doblas-Reyes FJ, Gershunov A, Stone DA, Giorgi F, Hudson PJ, Kinter J, Rodríguez-Arias MÀ, Stenseth NC. 2013. Climate change and infectious diseases: can we meet the needs for better prediction? Clim Chang 118, 625–640.

Rodrigues J, Domingos T, Conceição P, Belbute J. 2005. Constraints on dematerialisation and allocation along a sustainable growth path. Ecol Econom 54:382–396.

Roiz, D., Ruiz, S., Soriguer, R., Figuerola, J., 2014. Climatic effects on mosquito abundance in Mediterranean wetlands. Parasit. Vectors 7, 333.

Rose RI. 2001. Pesticides and public health: integrated methods of mosquito management. Emerging Infectious Diseases 7(1):17-23.

Ross JV. 2009. A note on density dependence in population models; Ecol Modell 220:3472–3474.

Rouband E. 1944. Sur la fécondité du moustique commun (Culex pipiens). L'evolution humaine et les adaptations biologiques. Ann Sc iNat(Zool) 16:5-168.

Roughgarden J, Iwasa Y, Baxter C. 1985. Demographic theory for an open marine population with spacelimited recruitment. Ecology 66:54-67.

RStudio Team (2016). RStudio: Integrated Development for R. RStudio, Inc., Boston, MA URL <u>http://www.rstudio.com/</u>.

Rueda LM, Patel KJ, Axtell RC, Stinner RE. 1990. Temperature-dependent development and survival rates of Culex quinquefasciatus and Aedes aegypti (Diptera: Culicidae). J Med. Entomol 27: 892-898.

Savage HM, Ceianu C, Nicolescu G, Karabatsos N, Lanciotti R, Vladimirescu A, Laiv L, Ungureanu A, Romanca C, Tsai TF: Entomologic and avian investigations of an epidemic of West Nile fever in Romania in 1996, with serologic and molecular characterization of a virus isolate from mosquitoes. Am J Trop Med Hyg. 1999, 61 (4): 600-611.

Schaeffer B, Mondet B, Touzeau S. 2008. Using a climate-dependent model to predict mosquito abundance: Application to Aedes (Stegomyia) africanus and Aedes (Diceromyia) furcifer (Diptera: Culicidae). Inf Genet Evol 8:422–432.

Schaeffer B, Mondet B, Touzeau S. 2008. Using a climate-dependent model to predict mosquito abundance: Application to Aedes (Stegomyia) africanus and Aedes (Diceromyia) furcifer (Diptera: Culicidae). Inf Genet Evol 8:422-432.

Schreiber S, Rudolf VHW. 2008. Crossing habitat boundaries: coupling dynamics of ecosystems through complex life cycles. Ecol Lett 11, 576–587.

Seber GAF, Wild CJ. 1989. Nonlinear Regression, New York: Wiley & Sons (p. 330).

Seno H. 2008. A paradox in discrete single-species population dynamics with harvesting/thinning. Math Biosci 214, 63–69.

Shaman J, Day J, Stieglitz M. Drought-induced amplification and epidemic transmission of West Nile virus in southern Florida. J. Med. Entomol. 2005;42:134–141.

Shaman J, Day JF. 2007. Reproductive phase locking of mosquito populations in response to rainfall frequency. PLoS ONE 2: e331.

Shaman J, Spiegelman M, Cane M, Stieglitz M. 2006. A hydrologically driven model of swamp water mosquito population dynamics, Ecol Model 194:395–404.

Shone SM, Curriero FC, Lesser CR, Glass GE. 2006. Characterizing population dynamics of Aedes sollicitans (Diptera: Culicidae) using meteorological data. J Med Entomol 43:393-402.

Sichinava SgG. 1978. Feeding relationship between blood-sucking mosquitoes of Georgia and homoiothermal and poikilothermal animals in nature and in the experiment. Izvestiya AN GSSR (ser.biol.)4,1:113-115 (In Russian, Englis summary).

Sinègre G. 1974. Contribution à l'étude physiologique d'Aedes (Ochlerotatus) caspius (Pallas, 1771) (Nematocera – Culicidae. Thèse de doctorat, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, 285 p.

Smartt, C.T., Richards, S.L., Anderson, S.L., Vitek, C.J., 2010. Effects of Forced Egg Retention on the Temporal Progression of West Nile Virus Infection in Culex pipiens quinquefasciatus (Diptera: Culicidae). Environ. Entomol. 39, 190–194. doi:10.1603/EN09172

Spielman A, Wong J. 1973. Environmental control of ovarian diapause in Culex pipiens. Ann Ent Soc Am 66,4:905-907.

Tamarina NA. 1966. The adult biology of Culex pipiens molestus Forsk. Vestnik MGU (biol.) 3:65-75 (In Russian).

Taylor R. 1979. On the applicability of current population models to the growth of insect populations, Jour of Math, Volume 9, Number 1, Winter 1979.

Thornley JHM, France J. 2007. Mathematical Modelling in Agriculture. CAB International, Wallingford, Oxfordshire, UK.

Turing AM. 1952. The chemical basis of morphogenesis. Phil Trans R Soc Lond B Biol Sci 237:37–72.

Valdez, L.D., Sibona, G.J., Diaz, L.A., Contigiani, M.S., Condat, C.A., 2017. Effects of rainfall on Culex mosquito population dynamics. J. Theor. Biol. 421, 28–38. doi:10.1016/j.jtbi.2017.03.024

van Groenendael J, de Kroon H, Caswell H. 1988. Projection matrices in population biology. Trends Ecol Evol 3:264-269.

Verhulst PF. 1838. Notice sur la loi que la population suit dans son accroissement. Correspondance mathematique et physique publice par A. Quetelet (Brussels) 10: 113–121.

Volterra V. 1926. Fluctuations in the Abundance of a Species Considered Mathematically, Nature 118: 558-60.

Volterra V. 1931. Variations and fluctuations of the number of individuals in animal species living together. In: Chapman RN, editor. Animal Ecol New York: McGraw Hill. pp. 409–448.

von Neumann J, Morgenstern O. 1953. Theory of games and economic behavior, 3rd ed. New York: John Wiley and Sons. 641 p.

Weinberg W. 1908. Ueber den Nachweis der Vererbung beim Menschen. Jahresh Verein fvaterl Naturk Wurttemb 64: 368–382.

Wu H, Chakraborty A, Li BL, Kenerley CM. 2009. Formulating variable carrying capacity by exploring a resource dynamics-based feedback mechanism underlying the population growth models, Ecol Complex 6:403-412.

Wu XX, Tian HY, Zhou S, Chen LFXB. 2014. Impact of global change on transmission of human infectious diseases. Sci China Earth Sci 57, 189–203.

# 8. Prilozi

### Prilog 1. Izvori slika preuzetih s Interneta

Web1

http://www.photomacrography.net/forum/viewtopic.php?p=131425&sid=4705e3a1f4e82524eb308b105d2bfba7

Web2

http://entnemdept.ufl.edu/creatures/misc/flies/culex\_pilosus.htm

Web3

https://www.flickr.com/photos/trebol\_a/94183807

Web4

http://entnemdept.ufl.edu/creatures/aquatic/southern\_house\_mosquito.htm

web5

http://influentialpoints.com/Gallery/Mosquitoes\_and\_Biting\_Midges.htm

web6

https://www.flickr.com/photos/29847562@N00/2873903367

web7

https://computing.llnl.gov/tutorials/parallel\_comp/

web8

https://computing.llnl.gov/tutorials/parallel\_comp/

web9

http://www.nvidia.com/object/what-is-gpu-computing.html

web10

http://www.kdnuggets.com/2016/11/parallelism-machine-learning-gpu-cuda-threading.html/2

# 9. Životopis

Željka Lončarić rođena je 10. rujna 1981. godine u Kneževu. Nakon završenog srednjoškolskog obrazovanja upisala je studij biologije na Odjelu za biologiju, Sveučilišta Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku, a diplomirala je u travnju 2011. godine te stekla zvanje profesora biologije i kemije. Od siječnja 2012. godine zaposlena je na Zavodu za kvantitativnu ekologiju odjela za biologiju Sveučilišta Josipa Juraja Strossmayera u Osijeku kao asistent. Sveučilišni poslijediplomski interdisciplinarni (doktorski) studij Zaštita prirođe i okoliša koji zajednički izvođe Sveučilište Josipa Jurja Strossmayera u Osijeku i Institut Ruđer Bošković, Zagreb upisala je u akademskoj 2011./2012. godini.

U nastavnom radu, pristupnica sudjeluje u izvođenju vježbi i seminara iz kolegija: Kvantitativna biologija 1, Kvantitativna biologija 2, Kvantitativna ekologija, Ekološko modeliranje i predviđanje, Ekonomika okoliša i Procjena utjecaja na prirodu i okoliš.

Pristupnica je do sada kao koautor objavila sedam znanstvenih radova citiranih u *Current Content* bazi podataka, koautor je jednog poglavlja u knjizi i dvanaest kongresnih priopćenja. Od 2015. godine suradnik je na istraživačkom projektu Hrvatske zaklade za znanost (HRZZ) *Različiti učinci okolišno relevantnih mješavina metal temeljenih nanočestica i pesticida na faunu tla: Nove smjernice za procjenu rizika* (DEFENSoil – IP-2014-09-4459). Pristupnica je kao predavač i organizator sudjelovala u izvođenju seminara stručnog usavršavanja iz primijenjene statistike i statističkog softvera R, PRimStat, te kao predavač u izvođenju programa ljetne škole: *modeling in R and modeling soil processes* (Pokljuka, Slovenija). Pristupnica također sudjeluje u izvođenju vježbi na tečaju za osposobljavanje osoba koje rade s pokusnim životinjama i životinjama za proizvodnju bioloških pripravaka – LabAnim (Zagreb, Hrvatska)

# 9.1. Popis objavljenih radova

- 9.1.1. Radovi u CC časopisima
  - 1. Hackenberger, B.K., Velki, M., Lončarić, Ž., Hackenberger D.K., Ečimović, S., (2015) Effect of different river flow rates on biomarker responses in common carp (*Cyprinus carpio*). *Ecotox Environ Safe* 12 153–160.
  - Velki, M., Hackenberger B.K., Lončarić, Ž., Hackenberger D.K., (2014) Application of microcosmic system for assessment of insecticide effects on biomarker responses in ecologically different earthworm species. *Ecotox Environ Safe*. 104 110-119.
  - Stepić, S., Hackenberger, B.K., Velki, M., Lončarić, Ž., Hackenberger, D.K. (2013) Effects of individual and binary-combined commercial insecticides endosulfan, temephos, malathion and pirimiphos-methyl on biomarker responses in earthworm *Eisenia andrei*. *Environ Toxicol Phar* 36 715-723.
  - 4. S.Stepić, B.K.Hackenberger, M.Velki, D.K.Hackenberger, **Ž.Lončarić**, 2013. Potentiation Effect of Metolachlor on Toxicity of Organochlorine and Organophosphate Insecticides in Earthworm *Eisenia andrei*, *Bull Environ Contam Toxicol* 91 55-61.
  - 5. Ž.Lončarić, B.K.Hackenberger, 2013. Stage and age structured *Aedes vexans* and *Culex pipiens* (Diptera: Culicidae) climate-dependent matrix population model, *Theor Popul Biol* 83 82-94.

- 6. M.Velki, S.Stepić, **Ž.Lončarić**, B.K.Hackenberger, 2012. Effects of electroshocking and allyl isothiocyanate on biomarkers of the earthworm species *Eisenia andrei* Possible side-effects of non-destructive extraction methods, Eur J Soil Biol 51 15-21.
- S. Stepić, B. K. Hackenberger, D. K. Hackenberger, M. Velki, Ž. Lončarić, 2012. Impact of Oxidative Stress Indicated by Thiobarbituric Acid Reactive Substances (TBARS) and Protein Carbonyl Levels (PC) on Ethoxyresorufin-O-deethylase (EROD) Induction in Common Carp (*Cyprinus carpio*), *Water Air Soil Pollut*, 223 4785-4793.

### 9.1.2. Poglavlja u knjizi

Davorka K. Hackenberger, Branimir K. Hackenberger and Željka Lončarić. *Earthworm population dynamics: modeling approach and challenges*, Earthworms: Types, Roles and Research, Horton, Clayton G. (ur.).New York, USA : Nova Science Publishers, 2017. Str. 91-128.

### 9.1.3. Kongresna priopćenja

- 1. Hackenberger Kutuzović, Davorka; Hackenberger Kutuzović, Branimir; Palijan, Goran; Lončarić, Željka. Influence of temperature and moisture on toxicity of propiconazole and chlorantraniliprole to earthworm *Eisenia fetida*. SETAC Europe 27th Annual Meeting: Abstracts.
- 2. Hackenberger Kutuzović, Davorka; Oršolić, Ana; Lončarić, Željka; Hackenberger Kutuzović, Branimir. Suitabiltiy of Enchytraeids as Indicator Organisms for Nanoparticle Toxicity in Terrestrial and Aquatic Systems. SETAC Europe 27th Annual Meeting: Abstracts.
- Hackenberger, B.K., Antonić, O., Lončarić, Ž., Modeliranje populacije vrste slabo istraženih karakteristika - primjer popovske gaovice (*Delminichthys ghetaldii*) na području Omble. 12. Hrvatski biološki kongres, Sveti Martin na Muri, Hrvatska, 18.–23.09.2015. (predavanje, sažetak, znanstveni).
- Jovanović, O., Hackenberger, B.K., Lončarić, Ž., Velki, M., Palijan, G., Effects of pesticides on frogs' eggs. 12. Hrvatski biološki kongres, Sveti Martin na Muri, Hrvatska, 18.–23.09.2015. (predavanje, sažetak, znanstveni).
- 5. Lončarić, Ž., Jambrović, M., Hackenberger, B.K., Modificirani Leslie-Lefhovitch genetički algoritamski modelski sustav dinamike populacija komaraca. 12. Hrvatski biološki kongres, Sveti Martin na Muri, Hrvatska, 18.–23.09.2015. (poster, sažetak, znanstveni).
- Oršolić, A., Hackenberger, D.K., Lončarić, Ž., Feigl, V., Hackenberger, B.K., Dinamika rasta algi na medijima s dodatkom crvenog mulja. 12. Hrvatski biološki kongres, Sveti Martin na Muri, Hrvatska, 18.–23.09.2015. (predavanje, sažetak, znanstveni).
- B.K. Hackenberger, Ž. Lončarić, F. Stević, D.K. Hackenberger, S. Ečimović, (2014) Biological endpoints on micro and macro scales responding to climate changes. 1<sup>st</sup> ClimMani action workshop, Integrating climate change experiments, data syntheses and modelling, University of Aveiro, Aveiro, Portugal. 12.-14.th November 2014 (koautor posterskog izlaganja, sažetak).
- Lončarić, Ž., Hackenberger, D.K., Hackenberger, B.K., (2014) Earthworm stage structured population dynamic model: an ecological category approach. The 1<sup>st</sup> annual meeting of FP1305 Biolink, Reading, Engleska, 04.-07. Studeni 2014. (koautor posterskog izlaganja, sažetak)
- 9. Lončarić, Ž., Hackenberger, B.K., (2014) Optimization of the number of experimental animals using new computing techniques. 2. Simpozij Hrvatskog društva za znanost o laboratorijskim
životinjama s međunarodnim sudjelovanjem, Zagreb, 10. Listopad, 2014. (koautor posterskog izlaganja, sažetak).

- Jovanović, O., Lončarić, Ž., Hackenberger, K.B., (2013) Influence of pesticides on the development of eggs of agile frog, *Rana dalmatina*. 17. Europski kongres herpetologije, Veszprem, Hungary, 2013. 128-128 (predavanje,sažetak).
- Velki, M., Mihaljević, I., Lončarić, Ž., Stepić, S., Hackenberger B.K. (2009) Histološke promjene u gujavice *Eisenia andrei* (Oligochaeta, Lumbricidae) nakon izlaganja pirimifosmetilu i bentazonu, mješavini pirimifosmetila i metolaklora, i mješavini pirimifosmetila i bentazona. 10. Hrvatski biološki kongres s međunarodnim sudjelovanjem, 14. 20. Rujna 2009., Osijek koautor znanstvenog istraživanja
- Lončarić, Ž., Velki, M., Mihaljević, I., Milas, J., Rudan, S. (2009) Ecological tolerance of diflubenzuron in mosquito control. 21. Znanstveno – stručno – edukativni seminar: DDD i ZUPP 2009. – Djelatnost dezinfekcije, dezinsekcije, deratizacije i zaštite uskladištenih poljoprivrednih proizvoda, 25. – 27. Ožujka 2009., Zadar – usmeno priopćenje stručnog rada
- Hackenberger, B.K., Jarić, D., Stepić, S., Lončarić, Ž. (2009) Earthworms as test organisms for biomonitoring of marshlands after larvicide treatment. EMCA, Torino (Italija). 5<sup>th</sup> European Mosquito Control Association, Workshop Torino, Italija, 09.-13.03.2009. – koautor posterskog izlaganja

## 9.2. Projekti, sudjelovanja i ostale aktivnosti

- 1. Ekotoksikološka karakterizacija tla u okolici izvorišta na području općine Kukunjevac i Jagma te akumulacijskog jezera Raminac (2016)
- 2. Osijek grad bez komaraca: razvoj prognostičkog modela (2015)
- Istraživač na Istraživačkom projektu Hrvatske zaklade za znanost (HRZZ) Različiti učinci okolišno relevantnih mješavina metal temeljenih nanočestica i pesticida na faunu tla: Nove smjernice za procjenu rizika (DEFENSoil – IP-2014-09-4459)
- 4. Sudjelovanje na OPTIMISE ABEL Training School on UAVs and Biogeochemical cycling, Las Majadas (Španjolska), 23. 29. 03. 2015.
- 5. Sudjelovanje u izradi stručnog rada pod naslovom "Elaborat temeljnih principa kontrole brojnosti komaraca na području grada Vukovara"
- 6. Sudjelovanje u izradi stručne studije "Ekotoksikološke osobine Dimilina (diflubenzurona)"
- 7. Sudjelovanje u izradi stručne podloge izvedivosti zahvata s obzirom na okolišnu prihvatljivost "Pogon za proizvodnju bioplina iz biomase, 10 MW električne i 10 MW toplinske energije"
- 8. Sudjelovanje u izradi stručne podloge "Mogućnost upotrebe larvicidnog sredstva Dimilin SC-x na vodenim sustavima Osječko baranjske županije"
- 9. Sudjelovanje u izradi studije utjecaja na okoliš "Tvornica mineralnih gnojiva u Vukovaru, Adriatica Dunav d.o.o."
- 10. Sudjelovanje na REP-LECOTOX 1<sup>st</sup> Workshop ecotoxicogenomics: the challenge of integrating genomics/proteomics/metabolomics into aquatic and terrestrial ecotoxicology