

Fenološke i ekološke značajke porodice Dixidae (Insecta, Diptera) duž longitudinalnog gradijenta Plitvičkih jezera

Ivanković, Lara

Master's thesis / Diplomski rad

2018

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Science / Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:217:670299>

Rights / Prava: [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

Download date / Datum preuzimanja: **2024-09-01**



Repository / Repozitorij:

[Repository of the Faculty of Science - University of Zagreb](#)



Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno – matematički fakultet
Biološki odsjek

Lara Ivanković

**Fenološke i ekološke značajke porodice Dixidae (Insecta, Diptera) duž
longitudinalnog gradijenta Plitvičkih jezera**

Diplomski rad

Zagreb, 2018. godina

Ovaj diplomski rad izrađen je na Zoologijskom zavodu Biološkog odsjeka Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu pod vodstvom doc. dr. sc. Marije Ivković, predan je na ocjenu Biološkom odsjeku Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu radi stjecanja zvanja magistra ekologije i zaštite prirode.

Zahvaljujem svojoj mentorici Mariji Ivković na neizmjernej pomoći, strpljenju, podršci te stručnim savjetima tijekom izrade ovog rada.

Zahvaljujem svojoj obitelji i prijateljima koji su mi bili velika potpora tijekom studiranja.

Zahvaljujem i svim profesorima, docentima i asistentima koji su mi predavali proteklih godina, na znanju i pomoći koje su ponudili.

TEMELJNA DOKUMENTACIJSKA KARTICA

Sveučilište u Zagrebu
Prirodoslovno-matematički fakultet
Biološki odsjek

Diplomski rad

Fenološke i ekološke značajke porodice Dixidae (Insecta, Diptera) duž longitudinalnog gradijenta Plitvičkih jezera

LARA IVANKOVIĆ

Rooseveltov trg 6, 10 000 Zagreb

Porodica Dixidae (Insecta, Diptera) su kukci koji čine važnu ekološku komponentu slatkovodnih ekosustava. Ličinke i kukuljice žive u vodenim staništima, a odrasli na kopnu. Ciljevi istraživanja su bili utvrditi fenologiju vrsta, ovisnost sastava zajednice porodice Dixidae o odabranim fizikalno-kemijskim čimbenicima i sklonost prema određenom mikrostaništu. Materijal je prikupljan mjesečno u razdoblju od 2007. do 2008. godine na 10 lokacija unutar Nacionalnog parka Plitvička jezera, od 2009. do 2010. godine na četiri lokacije, a od 2011. do 2014 godine na tri lokacije. Na devet postaja postavljeno je šest piramidalnih klopki na sva raspoloživa mikrostaništa, a na jednoj postaji postavljene su tri plutajuće klopke. Tijekom osmogodišnjeg istraživanja iz emergencijskih klopki sakupljena je i determinirana 1271 jedinka porodice Dixidae te određeno pet vrsta iz roda *Dixa*. Najveću raznolikost imala je Barijera Kozjak-Milanovac 2007. godine, a najveći broj vrsta, četiri vrste, nađeno je na Gornjem toku Crne rijeke 2007. godine. Najviše jedinki je pronađeno na Barijeri Labudovac 2014. godine, 128 jedinki. Glavni ekološki čimbenik koji utječe na fenologiju porodice Dixidae na barijerama i nizvodnim lokacijama je temperatura vode, dok protok vode utječe na veličinu i sastav zajednice porodice Dixidae. Vrsta *Dixa puberula* pokazala je sklonost prema mahovini kao mikrostaništu i bržoj struji vode.

(60 stranica, 34 slika, 3 tablice, 67 literaturnih navoda, jezik izvornika: hrvatski)

Rad je pohranjen u Središnjoj biološkoj knjižnici.

Ključne riječi: NP Plitvička jezera, emergencija, izvor, sedrena barijera, temperatura vode, protok vode, mikrostaništa

Mentor: Dr. sc. Marija Ivković, doc.

Ocjenitelji: prof. dr. sc. Zlatko Mihaljević
doc. dr. sc. Sunčica Bosak
doc. dr. sc. Tomislav Ivanković

Zamjena: prof. dr. sc. Ivana Maguire

Rad je prihvaćen: 14. 02. 2018.

BASIC DOCUMENTATION CARD

University of Zagreb
Faculty of Science
Department of Biology

Graduation Thesis

Phenology patterns and ecology of family Dixidae (Insecta, Diptera) on a longitudinal gradient of Plitvice lakes

LARA IVANKOVIĆ

Rooseveltovo trg 6, 10 000 Zagreb

Family Dixidae (Insecta, Diptera) are insects which are an important ecological component in freshwater ecosystems. Larvae and pupae live in aquatic habitats while adults live in terrestrial habitats. The goals of this study were to determine phenology patterns and what influence them, to analyse their preference for various microhabitats, and determine main ecological factors that have an influence on the composition of Dixidae community. Material was collected monthly in the period from 2007. to 2008. on the 10 sites inside the National park Plitvice lakes, from 2009. to 2010. on four sites and from 2011. to 2014. on three sites. Adult specimens were collected using emergence traps with six traps placed at nine sites, and three floating emergence traps on one site. A total of 1271 adult Dixidae were caught during eight years of study belonging to five species of the genus *Dixa*. Highest biodiversity were recorded for Barrier Kozjak-Milanovac, and the highest number of species, four species, was found at the Upper reach of Crna rijeka. The biggest number of specimens was recorded at Barrier Labudovac, 128 specimens, in 2014. Water temperature is the main ecological factor that influences phenology of Dixidae on barriers and lower streams. Water discharge influences the assemblage composition of family Dixidae. *Dixa puberula* prefers moss as a microhabitat and faster water velocity.

(60 pages, 34 figures, 3 tables, 67 references, original in: Croatian)

Thesis deposited in the Central biological library.

Key words: NP Plitvice lakes, emergence, spring, tuffa barrier, water temperature, water discharge, microhabitat.

Supervisor: Dr. Marija Ivković, Asst. Prof.

Reviewers: prof. dr. sc. Zlatko Mihaljević
doc. dr. sc. Sunčica Bosak
doc. dr. sc. Tomislav Ivanković

Replacement: prof. dr. sc. Ivana Maguire

Thesis accepted: 14. 02. 2018.

SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
1. 1. Opća obilježja porodice Dixidae (Diptera).....	1
1. 2. Emergencija.....	3
1. 3. Svrha i ciljevi istraživanja.....	3
2. MATERIJALI I METODE.....	5
2. 1. Određivanje fizikalno-kemijskih obilježja istraživnog područja.....	5
2. 2. Uzorkovanje jedinki porodice Dixidae iz emergencijskih klopki.....	5
2. 3. Determinacija uzorkovanih jedinki porodice Dixidae.....	6
2. 4. Statistička obrada podataka.....	6
2. 4. 1. Analiza strukture i dinamike porodice Dixidae.....	6
2. 4. 2. Programi korišteni za obradu podataka.....	8
3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA.....	9
3. 1. Opća obilježja.....	9
3. 2. Geografski položaj.....	9
3. 3. Geološko-hidrološka obilježja.....	10
3. 4. Klimatska obilježja.....	10
3. 5. Istraživačke postaje.....	11
4. REZULTATI.....	19
4. 1. Fizikalno-kemijski čimbenici na istraživnim postajama tijekom istraživnog razdoblja.....	19
4. 2. Zastupljenost i rasprostranjenost vrsta porodice Dixidae na istraživnim postajama.....	20
4. 3. Raznolikost i sličnost vrsta porodice Dixidae na istraživnim postajama u razdoblju od 2007. do 2008. godine.....	23
4. 4. Fenološke značajke porodice Dixidae od 2007. do 2008. godine na lokacijama Izvor Crne rijeke, Gornji tok Crne rijeke, Donji tok Crne rijeke, Barijera Novakovića Brod, Potok Plitvica i Korana u selu.....	25

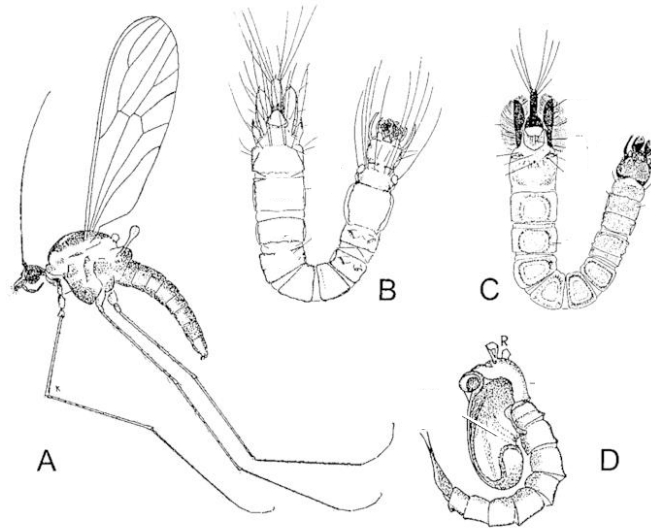
4. 5.	Fenološke značajke porodice Dixidae od 2007. do 2010. godine na lokaciji Gornji tok Bijele rijeke.....	32
4. 6.	Fenološke značajke porodice Dixidae od 2007. do 2014. godine na lokacijama Izvor Bijele rijeke, Barijera Labudovac i Barijera Kozjak-Milanovac.....	33
4. 7.	Odnos brojnosti mužjaka i ženki vrste <i>Dixa puberula</i> na lokacijama Izvor Bijele rijeke, Barijera Labudovac i Potok Plitvica.....	39
4. 8.	Odnos brojnosti mužjaka i ženki vrste <i>Dixa submaculata</i> na lokacijama Izvor Bijele rijeke, Gornji tok Bijele rijeke i Gornji tok Crne rijeke.....	41
4. 9.	Odnos brojnosti mužjaka i ženki vrste <i>Dixa nebulosa</i> na lokaciji Barijera Kozjak-Milanovac.....	43
4. 10.	Utjecaj fizikalno -kemijskih čimbenika vode na raspodjelu vrsta porodice Dixidae na istraživanim postajama tijekom 2007. i 2008. godine.....	44
4. 11.	Odabir mikrostaništa kod porodice Dixidae.....	45
5.	RASPRAVA.....	47
5. 1.	Sastav vrsta porodice Dixidae na istraživanim postajama.....	47
5. 2.	Fenologija vrsta porodice Dixidae na istraživanim postajama te utjecaj temperature vode i protoka vode na emergenciju i odnos spolova.....	49
5. 3.	Utjecaj fizikalno-kemijskih čimbenika na sastav zajednice porodice Dixidae i utjecaj mikrostaništa na njihovu brojnost.....	52
6.	ZAKLUČAK.....	53
7.	LITERATURA.....	54

1 UVOD

1. 1. Opća obilježja porodice Dixidae (Diptera)

Dixidae su porodica vodenih kukaca koja pripada redu dvokrilaca (Diptera) i podredu Nematocera. Do kraja 19. stoljeća prepoznati su kao zasebna porodica. Sredinom 20. stoljeća premješteni su u potporodicu porodice Culicidae, međutim nova saznanja na temelju rezultata molekularno filogenetskih istraživanja vratile su ih na status porodice (Pawłowski i sur. 1996, Disney 1999). Dixidae su relativno mala porodica, sa samo 185 vrsta opisanih na svijetu od kojih 34 dolazi u Europi (Wagner i sur. 2008, Ševčík 2011). Porodici Dixidae pripada 9 rodova, ali u Europi dolaze samo rodovi *Dixa* i *Dixella* (Pape i sur. 2011, Pape i Beuk 2012). U Europi rod *Dixella* sadrži 21 vrstu, a rod *Dixa* 13 vrsta (Pape i Beuk 2012).

Životni ciklus porodice Dixidae sastoji se od jaja, četiri ličinačke faze, kukuljice i odraslog stadija. Jaja tipično polažu u sluzavom ovoju na čvrstom supstratu ili u organskom materijalu na rubovima tekućice (Wagner 1997). Postoje tri tipa jaja: loptasto i umreženo, hidrodinamično te aerodinamično i precizno spikulirano. Prva dva tipa su karakteristična za rod *Dixella*, a treći tip za rod *Dixa* (Goldie-Smith i Thorpe 1991). Jaja roda *Dixa* su manje prozirna od jaja roda *Dixella* zbog hrapave površine i smeđeg obojenja (Goldie-Smith i Thorpe 1989). Ličinke su filtratori koji se hrane mikroorganizmima ili organskim česticama suspendiranim u vodi ili na površinskom vodenom filmu. Nalazimo ih u čistim slatkovodnim staništima, rod *Dixella* u stajaćim vodama, a rod *Dixa* u tekućim (Oboňa i sur. 2015), gdje su česte u nakupinama lišća te čine značajnu komponentu beskralježnjaka u donjim tokovima potoka i rijeka. Ličinke roda *Dixa* su dobri indikatori prisutnosti surfaktanata u vodi (Wagner i sur. 2011). Dobro podnose niske temperature te mogu biti učestale u driftu tekućica (Wagner 1997, Disney 1999). Kukuljice miruju u položaju oblika slova U, u blizini staništa ličinki (Wagner i sur. 2011). Odrasle Dixidae su maleni kukci (ne dulji od 5 mm) s tankim nogama i relativno širokom glavom. Tijelo im je sklerotizirano sa dugačkim ticalima i velikim usnim organima. Flagellum ima četrnaest segmenata. Proboscis je kratak i debeo, a krila nemaju ljske po čemu se razlikuju od ostalih skupina podreda Nematocera (Shtakel'berg 1989, Nilsson 1997, Wagner 1997) (Slika 1.1. i 1.2.). Karakterizira ih mirno držanje, i odrasle jedinke, pogotovo ženke, mogu satima stajati nepokretno u vertikalnoj poziciji (Goldie-Smith i Thorpe 1991).



Slika 1.1. A- *Dixa* sp. odrasla; B- *Dixella* sp. ličinka; C- *Dixa* sp. ličinka; D- Dixidae kukuljica (Disney 1999).

Mogu se naći u blizini vode u letu ili kako miruju u naopakom položaju ispod niskih mostova, cijevi ili lišća. Nakon emergencije odrasle jedinke se ne hrane i kratko žive. Mužjaci formiraju roj kojem se ženke pridružuju i potom ga brzo napuštaju nakon parenja (Disney 1999). Za razliku od roda *Dixella*, vrste roda *Dixa* nisu dale vijabilna jaja u zatočeništvu. Čini se da se vrste ovog roda ne pare u tim uvjetima, te da je stvaranje rojeva nužno (Goldie-Smith i Thorpe 1989).



Slika 1.2. Odrasla jedinka porodice Dixidae (Preuzeto: <http://www.biodiversidadvirtual.org>).

1. 2. Emergencija

Pojam emergencija dolazi od grčke riječi *emerge* (pojaviti se) te se u ovom slučaju odnosi na preobrazbu kukca iz stadija ličinke ili kukuljice u stadij odrasle jedinke. Karakteristična je za većinu kukaca i vezana je za kopnene i vodene ekosisteme. Najznačajniji kukci koji emergiraju u vodenim ekosistemima su: vodencvjetovi (Ephemeroptera), obalčari (Plecoptera), tulari (Trichoptera) te mnoge porodice dvokrilaca (Diptera) među kojima i Dixidae. Emergencija može biti sezonska gdje dolazi do izlijetanja kukaca unutar nekog godišnjeg doba ili može biti prisutna tijekom cijele godine (Davies 1984).

Emergenciju je važno proučavati jer su neke emergencijske značajke karakteristične samo za jednu vrstu ili populaciju. Također, poznavati emergencijske značajke vrsta je važno zbog znanstvenih i laboratorijskih istraživanja, posebno kada nam je potreban veliki broj kukaca iste dobi (Jonušaitė i Būda 2002).

Fotoperiod i temperatura vode su ključni okolišni čimbenici za emergenciju vodenih kukaca koji određuju sam početak izlijetanja ili utječu na njezin tijek (Corbet 1964, Hynes 1976, Sweeney 1984). Fotoperiod je glavni čimbenik koji u umjerenom području djeluje kao signal za promjene u životnom ciklusu tijekom godišnjih doba (Tauber i Tauber 1975, Sweeney, 1984). Promjene temperature vode dovode do preuranjene ili zakašnjele emergencije (Sweeney i Vannote 1981, Sweeney 1984). U ekstremno toplim godinama emergencija počinje ranije dok u hladnijima počinje kasnije (Illies 1971, Wagner i Gathmann 1996).

1. 3. Svrha i ciljevi istraživanja

- Odrediti sastav zajednice porodice Dixidae na istraživanim postajama unutar Nacionalnog parka Plitvička jezera..
- Utvrditi sličnosti između zajednica na istraživanim postajama te čimbenike kojima su one uvjetovane.
- Utvrditi ovisnost sastava zajednice porodice Dixidae o odabranim fizikalno-kemijskim čimbenicima.

- Utvrditi višegodišnje sezonske promjene u sastavu i brojnosti vrsta porodice Dixidae na istraživanim postajama s posebnim naglaskom na emergencijske značajke najzastupljenijih vrsta i odnos spolova.
- Utvrditi sklonost vrsta porodice Dixidae prema određenom mikrostaništu.

2 MATERIJALI I METODE

2.1. Određivanje fizikalno-kemijskih obilježja istraživanog područja

Tijekom uzorkovanja na terenu su mjerena fizikalno-kemijska obilježja vode. Količina kisika u vodi i zasićenje kisikom izmjereni su pomoću oksimetra WTW Oxi 330/SET, pH vrijednost vode izmjerena je pomoću pH-metra WTW pH 330, a elektroprovodljivost pomoću konduktometra WTW LF 330. Količina vezanog CO₂ u vodi (alkalinitet) određena je metodom titracije s 0,1 M kloridnom kiselinom (HCl) uz metil-oranže kao indikator, a izražavana je u mg CaCO₃ L⁻¹. Brzina strujanja vode izmjerena je strujomjerom P-670-M, a temperatura vode je izmjerena pomoću data logera (HOB0 Pendant Temperature Data Logger (#Part UA-001-XX)). Podaci o protoku vode dobiveni su od Državnog hidrometeorološkog zavoda.

2.2. Uzorkovanje jedinki porodice Dixidae iz emergencijskih klopki

Materijal je prikupljan mjesečno u razdoblju od 2007. do 2008. godine na deset lokacija unutar Nacionalnog parka Plitvička jezera: Izvor Bijele rijeke (IBR), Gornji tok Bijele rijeke (SBR), Izvor Crne rijeke (ICR), Gornji tok Crne rijeke (SCR), Donji tok Crne rijeke (DCR), Barijera Labudovac (BL), Barijera Kozjak-Milanovac (BKM), Barijera Novakovića Brod (BNB), Potok Plitvica (PP) i Korana u selu (KS). Na lokaciji Gornji tok Bijele rijeke uzorci su sakupljeni u razdoblju od 2007. do 2010. godine, a na postajama Izvor Bijele rijeke, Barijera Kozjak-Milanovac i Barijera Labudovac od 2007. do 2014. godine. Sakupljanje uzoraka se provodilo semikvantitativnim emergencijskim piramidalnim klopka. Emergencijske klopke su klopke koje zarobljavaju životinju u trenutku prelaska iz jednog stadija u drugi (iz ličinke ili kukuljice u odraslog kukca), mijenjajući pritom i svoje stanište. Ukupni broj ulovljenih jedinki nam daje uvid u vrijeme kada cijela populacija prelazi u drugi stadij (Poepperl 2000). Metoda prikupljanja je semikvantitativna jer dio kukaca može izaći iz klopke, odnosno ući u nju driftom. Klopke su modificirane verzije Illiesovih (1971) klopki, fiksirane u sediment i površine 45 x 45 cm (h = 50 cm). Na devet postaja (IBR, SBR, ICR, SCR, BL, BKM, BNB, PP, KS) postavljeno je 6 klopki kako bi se zahvatila sva prisutna mikrostaništa, a na postaji Donji tok Crne rijeke postavljene su 3 plutajuće piramide površine 90 x 90 cm (h = 80 cm).

Kukci su lovljeni u posude na vrhu piramidalnih klopki u kojima je kao fiksativ služio 2 %-tni formaldehid, uz dodatak deterdženta radi razbijanja površinske napetosti vode. U zimskim mjesecima dodavan je i 96 %-tni etanol da bi se smanjila točka ledišta. Svi sakupljeni kukci konzervirani su u 80 %-tnom etanolu.

2. 3. Determinacija uzorkovanih jedinki porodice Dixidae

Obrada sakupljenih uzoraka temeljila se na odvajanju različitih redova kukaca (Ephemeroptera, Plecoptera, Coleoptera, Trichoptera i Diptera) iz uzoraka. Potom su jedinke reda Diptera najprije izolirane do porodica uz korištenje identifikacijskog ključa Nilsson (1997), a potom su jedinke porodice Dixidae determinirane do razine vrste na temelju morfologije krila i genitalija uz pomoć determinacijskog ključa: Disney (1999) i Shtakel'berg (1989).

2. 4. Statistička obrada podataka

2. 4. 1. Analiza strukture i dinamike porodice Dixidae

Shannon-Wienerov ili još zvan samo Shannonov (Shannon 1948) indeks raznolikosti (H') je jedan od najčešće korištenih indeksa za usporedbu strukture zajednice. To je relativni indeks za uspoređivanje raznolikosti dvaju ili više zajednica ili jedne zajednice u različitim vremenskim razdobljima prema formuli:

$$H' = - \sum_{i=1}^n (p_i)(\log_2 p_i)$$

gdje je: p_i - udio svojte i u zajednici ($p \in (0,1]$),

n - broj svojiti u zajednici

Simpsonov indeks raznolikosti (1-D) izražava vjerojatnost da dvije slučajno odabrane jedinke iz zajednice pripadaju različitim kategorijama (svojtama), a izveden je iz osnovnog Simpsonovog indeksa (D).

Osnovni Simpsonov (Simpson 1949) indeks (D) izražava vjerojatnost da dvije slučajno odabrane jedinke iz zajednice pripadaju istoj kategoriji pri čemu je:

$$D = \sum_{i=1}^n p_i^2$$

gdje je: p_i - udio svojte i u zajednici ($p \in \langle 0, 1 \rangle$),

n - broj svojiti u zajednici.

Pielouov (Pielou 1966) indeks ujednačenosti zajednice (J') izvodi se iz Shannon-Wienerovog indeksa raznolikosti (H') te predstavlja omjer H' i njegove maksimalne moguće vrijednosti H_{\max} te se iskazuje formulom:

$$J' = \frac{H'}{\log_2(S)}$$

gdje je: H' - Shannon-Wienerov indeks,

S - ukupni broj vrsta u zajednici.

Spearmanov koeficijent korelacije (r_s) koristio se da bi se utvrdila povezanost abundancije pojedinih vrsta porodice Dixidae s brzinom strujanja vode.

$$r_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$$

Gdje je: r_s - Spearmanov koeficijent korelacije

d_i - razlika između redova odgovarajućih vrijednosti x_i i y_i

n - broj mjerenja

Utvrđene su razlike brojnosti jedinki porodice Dixidae na različitim supstratima uz pomoć Kruskal-Wallis analize varijance sa post-hoc testom multiple usporedbe. Svi podaci korišteni u analizama su a log-transformirani radi postizanja normalne raspodjele podataka (baza 10, $\log(x+1)$).

Provedena je analiza nemetričkog multidimenzionalnog skaliranja (NMDS), da bi se utvrdila sličnost (Bray-Curtis indeks sličnosti) zajednice porodice Dixidae na istraživanim postajama.

Povezanost sastava zajednice i čimbenika okoliša načinjena je pomoću analize glavnih komponenti (PCA). Podaci su log-transformirani u svrhu normalizacije podataka (baza 10, $\log(x+1)$).

2. 4. 2. Programi korišteni za obradu podataka

Tablični i grafički prikazi izrađeni su u programu Microsoft Excel 2007 (Microsoft Corporation 2007) i Primer v6 (Clark i Gorley 2006). Statističke analize izrađene su u programu Statistica 10.0 (Statsoft Inc. 2010), Primer v6 (Primer-E Ltd 2002), CANOCO (ter Braak i Smilauer 2012). Sve vrijednosti fizikalno-kemijskih čimbenika korištenih u analizi predstavljaju dvogodišnje srednje vrijednosti na pojedinim postajama.

3 PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

3.1. Opća obilježja

Istraživanje je provedeno na deset lokaliteta u Nacionalnom parku Plitvička jezera. Plitvička jezera su prirodni fenomen dinarskog krša koji je 1979. godine UNESCO uvrstio na Listu svjetske prirodne i kulturne baštine (Zwicker i Rubinić 2005). Zbog svoje iznimne ljepote kratkotrajno su zaštićena već 1928. i 1929. godine, a 8. travnja 1949. godine proglašena su nacionalnim parkom (Riđanović 1994) To ih čini prvim i najstarijim hrvatskim nacionalnim parkom (Đurek 2000).

Površina nacionalnog parka iznosi 29482 ha, od čega 22308 ha pokrivaju mješovite šumske zajednice bukve, jele, smreke, hrasta i graba. Vodene površine zauzimaju 217 ha, a ostatak čine travnjaci i ostali tipovi površina. Jezera su međusobno odijeljena sedrenim barijerama i imaju ukupni obujam od 400 000 m³. Njihovo porijeklo i razvoj povezani su sa procesima stvaranja sedre. Biogeni faktori igraju veliku ulogu u njihovom stvaranju (Stilinović i Božićević 1998).

Plitvička jezera čine sustav od 16 većih jezera, a podijeljena su na Gornja (Prošće, Ciginovac, Okrugljak, Batinovac, Veliko, Malo, Vir, Galovac, Milino, Gradinsko jezero, Veliki burget i Kozjak) i Donja (Milanovac, Gavanovac, Kaluđerovac, Novakovića Brod) jezera. Plitvička jezera imaju obilježja kaskadnog sustava što znači da se voda prelijeva preko barijera u slapovima, od najvišeg Prošćanskog jezera na 636 m nadmorske visine, do jezera Novakovića Brod na 503 m nadmorske visine (Riđanović 1994). Najdublja i najveća jezera su jezero Kozjak i Prošćansko jezero s dubinom 45 m i 37 m (Zwicker i Rubinić 2005).

3.2. Geografski položaj

Plitvička jezera pripadaju krškom području Dinarida, nalaze se na izvoru rijeke Korane a smještena su u Lici između planinskih masiva Male Kapele i Ličke Plješivice (Đurek 2000). Bijela i Crna rijeka su najviše hidrološke točke Plitvičkih jezera na oko 700 m nadmorske

visine, dok je najniža točka početni dio rijeke Korane na 478 m nadmorske visine (Riđanović 1994).

3. 3. Geološko-hidrološka obilježja

Plitvička jezera su se formirala u razdoblju holocena. Geološka podloga je izgrađena od propusnog vapnenca (CaCO_3) i nepropusnog dolomita ($\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$). Odnos ovih geoloških slojeva uvjetovao je oblik ovog dijela dinarskog krša (Roglić 1974) te se tako Gornja jezera nalaze u reljefno otvorenoj dolomitnoj dolini, a Donja jezera u vapnenačkom kanjonu.

Hidrobiološka obilježja poput smanjene koncentracije organske tvari, velika zasićenost kalcijevim karbonatom i $\text{pH} > 8.0$ su specifična za jezera (Srdoč i sur. 1985) što daje uvjete za stvaranje sedre kao osnovnog fenomena odgovornog za genezu i opstojnost Plitvičkih jezera. Proces stvaranja sedre je odgovoran za vertikalni rast barijera, ali i za stvaranje novih te nestanak starijih barijera i slapova mijenjajući tako geomorfologiju (Stilinović i Božićević 1998).

Jezera se opskrbljuju vodom iz okolnih tekućica, brojnih izvora te iz podzemlja (Riđanović 1989). U jezero Kozjak s juga dotječe veća količina vode potokom Riječica a na Donjim jezerima potokom Plitvica (Božićević 1998). Najveću količinu vode Plitvička jezera dobivaju iz Crne rijeke i Bijele rijeke koje tvore Maticu i napajaju Prošćansko jezero. Na zadnje jezero u sustavu Gornjih jezera veća količina vode dotječe potokom Riječica, a na Donjim jezerima potokom Plitvica. Dotok vode postoji i iz više manjih izvora smještenih oko samih jezera (Božićević 1998). Maksimalni protoci pojavljuju se u proljetnim mjesecima i povezani su s otapanjem snijega ili dugotrajnim obilnim kišama. Minimalni protoci zabilježeni su u kasno ljeto te kasnu jesen (Riđanović 1994).

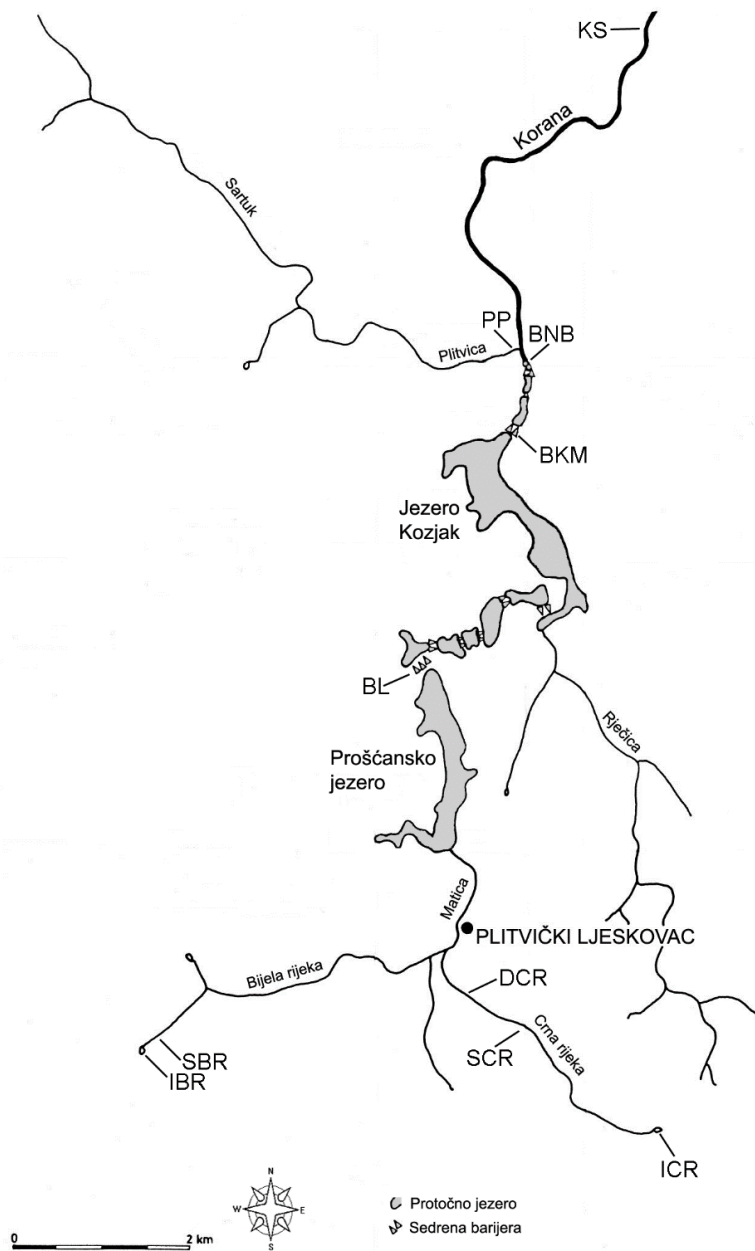
3. 4. Klimatska obilježja

Zbog svojeg položaja u središnje-planinskom području Hrvatske, Plitvička jezera pokazuju prijelazne karakteristike između toplo umjereno kišne klime i snježno šumske klime iznad 500 m nadmorske visine (Makjanić 1958). Najveća količina padalina zabilježena je u

jesenskim i zimskim mjesecima. Najhladniji mjeseci su siječanj i veljača, kada temperatura zraka može pasti i do ispod $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$, a ljeti temperature mogu biti i iznad $30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Makjanić 1971/1972, Poje 1989).

3. 5. Istraživačke postaje

Istraživanje je provedeno na deset različitih postaja unutar vodenog sustava Plitvička jezera (Slika 3.1).



Slika 3.1. Karta istraživanih postaja unutar Nacionalnog parka Plitvička jezera. IBR - Izvor Bijele rijeke, SBR - Gornji tok Bijele rijeke, ICR - Izvor Crne rijeke, SCR - Gornji tok Crne rijeke, DCR - Donji tok Crne rijeke, BL - Barijera Labudovac, BKM - Barijera Kozjak-Milanovac, BNB - Barijera Novakovića Brod, PP - Potok Plitvica, KS - Korana u selu.

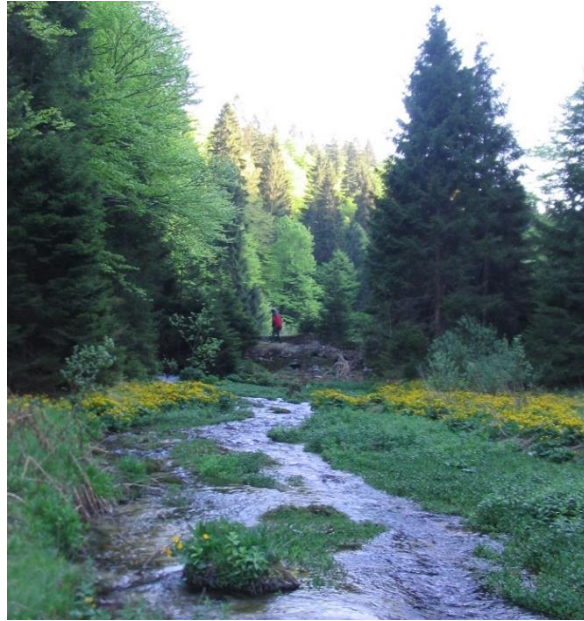
Opis istraživačkih postaja:

1. Izvor Bijele rijeke (IBR) - postaja je smještena na samom izvoru Bijele rijeke, N 44°50'05" E 15°33'43", nadmorska visina 720 m. Otvoreni tip psamoreokrenog izvora. Lotički tip staništa sa supstratom kojeg čine šljunak, mahovina, pijesak i makrovegetacija (Slika 3.2).



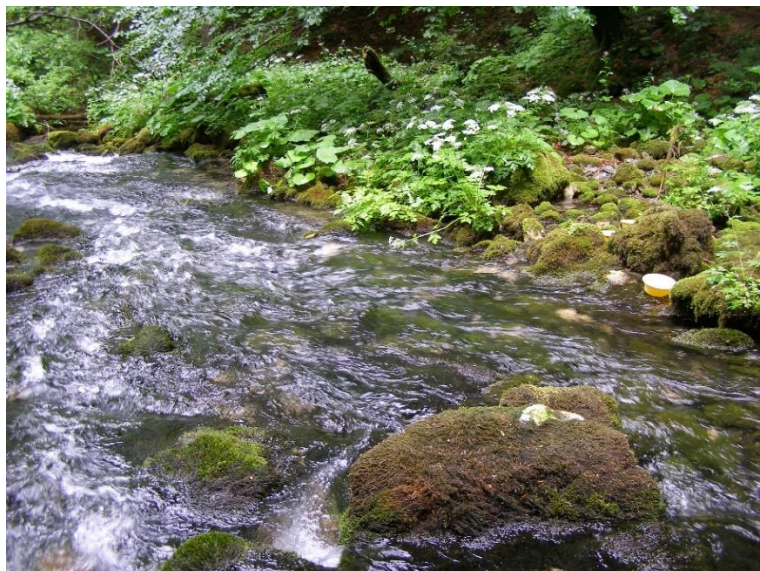
Slika 3.2. Izvor Bijele rijeke (Foto: M. Ivković).

2. Gornji tok Bijele rijeke (SBR) - postaja je smještena oko 400 metara nizvodno od samog izvora Bijele rijeke i pripada izvorišnom području jer temperatura vode tijekom godine varira unutar 2 °C, N 44°50'04" E 15°33'33", nadmorska visina 716 m. Lotički tip staništa sa supstratom kojeg čine šljunak, mahovina, pijesak i makrovegetacija (Slika 3.3).



Slika 3.3. Gornji tok Bijele rijeke (Foto: M. Ivković).

3. Izvor Crne rijeke (ICR) - postaja smještena na samom izvoru Crne rijeke, N 44°50"14' E 15°36"28', nadmorska visina 677 m. Zatvoreni tip reokrenog izvora. Lotički tip staništa sa supstratom kojeg čine šljunak, mahovina pijesak i makrovegetacija (Slika 3.4).



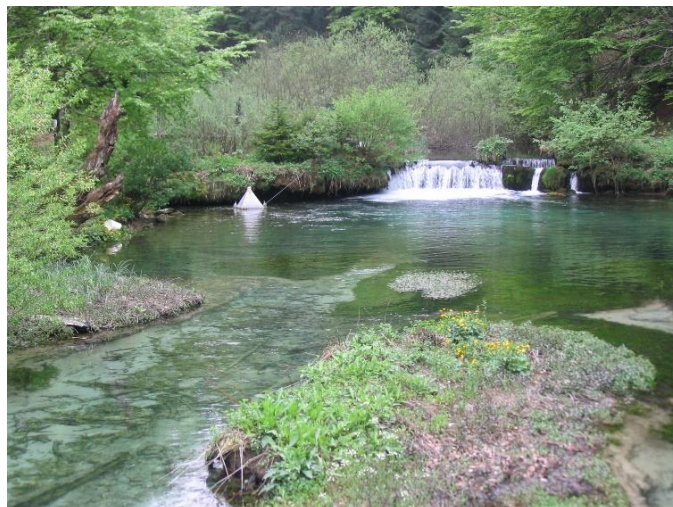
Slika 3.4. Izvor Crne rijeke (Foto: M. Ivković).

4. Gornji tok Crne rijeke (SCR) - postaja je smještena oko 1 km od samog izvora Crne rijeke, N 44°50'10" E 15°36'30", nadmorske visine 670 m. Lotički tip staništa sa supstratom kojeg čine šljunak, mahovina i pijesak (Slika 3.5).



Slika 3.5. Gornji tok Crne rijeke (Foto: M. Ivković).

5. Donji tok Crne rijeke (DCR) - postaja je smještena 2 km od izvora Crne rijeke, N 44°50'22" E 15°35'59", nadmorske visine 667 m. Lotički tip staništa sa supstratom kojeg čine šljunak, makrovegetacija i pijesak (Slika 3.6).



Slika 3.6. Donji tok Crne rijeke (Foto: M. Ivković).

6. Barijera Labudovac (BL) - barijera između Prošćanskog jezera i jezera Okrugljak, N 44°52'17" E 15°35'59", nadmorska visina 630 m. Lotički tip staništa sa supstratom kojeg čine šljunak, mahovina na sedri, razmrvljena sedra s detritusom (Slika 3.7).



Slika 3.7. Barijera Labudovac (Foto: A. Previšić).

7. Barijera Kozjak-Milanovac (BKM) - sedrena barijera između jezera Kozjak i jezera Milanovac, N 44°53'39" E 15°36'32", nadmorska visine 546 m. Lotički tip staništa sa supstratom kojeg čine šljunak, mahovina na sedri, razmrvljena sedra s detritusom i mulj (Slika 3.8).



Slika 3.8. Barijera Kozjak-Milanovac (Foto: M. Ivković).

8. Barijera Novakovića Brod (BNB) - sedrena barijera između jezera Kaluđerovac i jezera Novakovića Brod, N 44°54'07" E 15°36'38", nadmorska visina 504 m. Lotički tip staništa sa supstratom kojeg čine šljunak, mahovina na sedri, razmrvljena sedra s detritusom i mulj (Slika 3.9).



Slika 3.9. Barijera Novakovića Brod (Foto: M. Ivković).

9. Potok Plitvica (PP) - postaja je smještena točno povrh Velikog slapa, na samom završetku potoka Plitvica, N 44°54'08" E 15°36'27" nadmorska visina 556 m. Lotički tip staništa sa supstratom kojeg čine šljunak, mahovina na sedri, razmrvljena sedra s detritusom i mulj (Slika 3.10).



Slika 3.10. Potok Plitvica (Foto: M. Ivković).

10. Korana u selu (KS) - postaja je smještena u selu Korana, N 44°55'33" E 15°37'09", nadmorska visina 390 m. Lotički tip staništa sa supstratom kojeg čine šljunak, mahovina na sedri, razmrvljena sedra s detritusom i mulj (Slika 3.11).



Slika 3.11. Korana u selu (Foto: Z. Mihaljević).

4 REZULTATI

4.1. Fizikalno-kemijski čimbenici na istraživanim postajama tijekom istraživanog razdoblja

U razdoblju od 2007. do kraja 2008. godine mjereni su fizikalno-kemijski čimbenici vode na svim istraživanim lokacijama (Tablica 4.1). U razdoblju od 2009. do 2010. godine mjereni su fizikalno-kemijski čimbenici vode na 4 lokacije (IBR, SBR, BL i BKM), a od 2011. do 2014. godine na tri lokacije (IBR, BL i BKM). Temperatura vode na izvorima tijekom godine minimalno se mijenja, svega do 0,5°C. Koncentracija kisika varira s obzirom na doba godine. Longitudinalno se elektroprovodljivost i alkalinitet smanjuju od Izvora Bijele rijeke i Crne rijeke do lokacije Korana u selu. Obrnuti longitudinalni gradijent zabilježen je i kod pH vrijednosti koja se povećava od Izvora Bijele rijeke i Crne rijeke nizvodno prema lokaciji Korana u selu (Tablica 4.1).

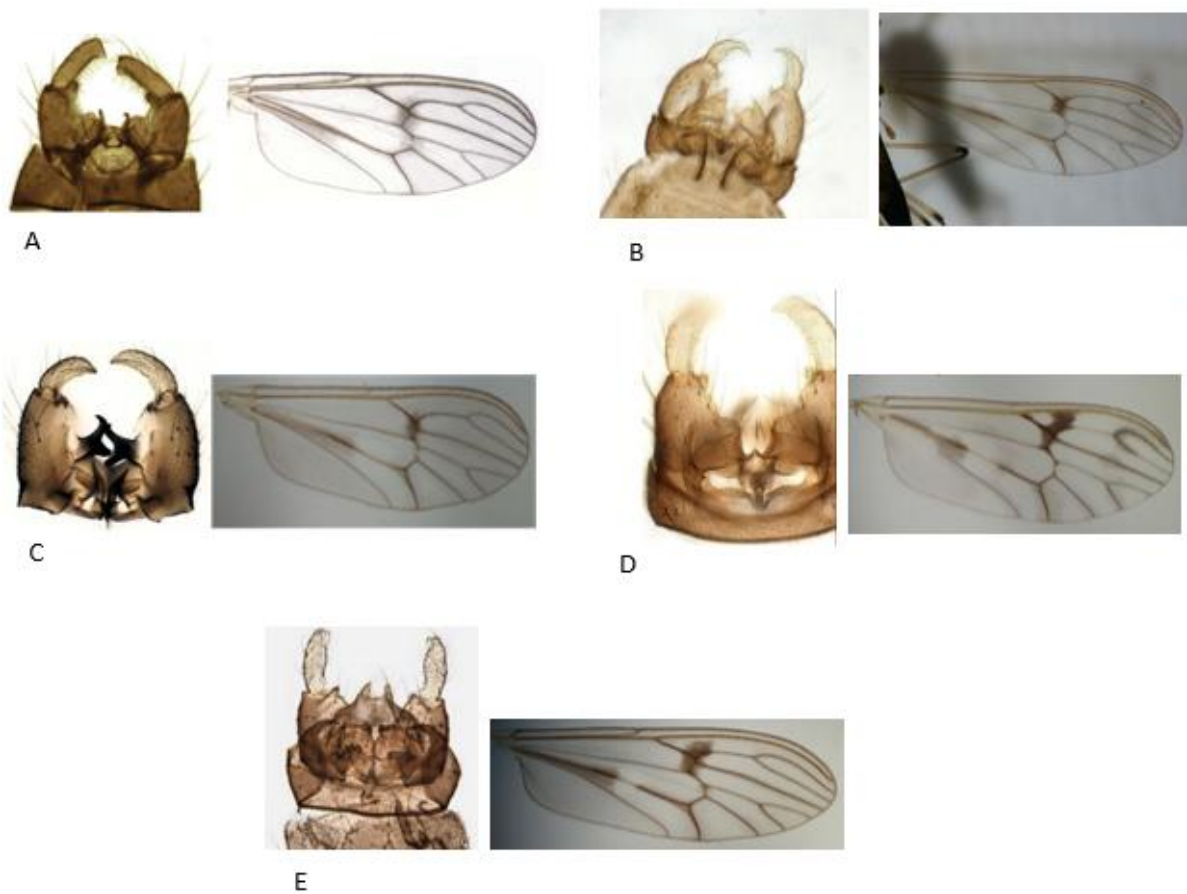
Tablica 4.1. Fizikalno-kemijski čimbenici vode (min. = minimalna zabilježena vrijednost, max. = maksimalna zabilježena vrijednost) na istraživanim postajama od 2007. do 2008. god.

Lokacija		IBR	SBR	ICR	SCR	DCR	BL	BKM	BNB	PP	KS
Temperatura vode(°C)	min	7,3	7,2	7,7	7,1	6,9	2,5	3,1	3,3	3,2	1,7
	max	7,8	9,9	8,2	9,7	9,6	20,5	22,9	22,9	15,4	19,8
O ₂ (mg L ⁻¹)	min	7,6	8,2	8,3	7,9	8,8	6,7	8,7	8,4	8,7	9
	max	11,8	11,8	11,7	12,5	13,1	12,3	12	12,4	13	14,1
O ₂ (%)	min	65,2	71,2	87	68,8	96,7	59,7	72	77,3	75,7	79,6
	max	101,8	106,6	105,7	115,9	111,1	139,2	113,6	117,1	122,5	121
pH	min	6,9	7,5	7,4	7,7	7,9	6,8	6,9	8,2	6,8	6,8
	max	7,8	8,4	8,2	8,6	8,4	8,7	8,4	8,7	8,9	8,7
Elektroprovodljivost (μS cm ⁻¹)	min	463	472	405	403	406	366	354	334	409	321
	max	505	498	424	426	481	426	443	387	444	385
Alkalinitet (mg L ⁻¹ CaCO ₃)	min	235	230	210	210	215	210	200	185	225	180
	max	295	295	260	290	280	260	220	230	280	215

4. 2. Zastupljenost i rasprostranjenost vrsta porodice Dixidae na istraživanim postajama

Tijekom osmogodišnjeg istraživanja iz emergencijskih klopki sakupljeno je, obrađeno i zabilježeno 1271 jedinki iz porodice Dixidae. U tablici 4.2 prikazane su zabilježene vrste i njihov broj na svakoj postaji u razdoblju istraživanja. Tijekom 2007. godine na 10 lokacija ulovljene su 303 jedinke, među kojima 4 vrste, 2008. godine na 10 lokacija ulovljeno je 433 jedinki, među kojima 5 vrsta. 2009. godine na četiri lokacije ulovljeno je 90 jedinki, među kojima 3 vrste, 2010. godine na četiri lokacije ulovljeno je 74 jedinki, među kojima 3 vrste. 2011. godine na tri lokacije ulovljeno je 45 jedinki, među kojima 3 vrste, 2012. godine na tri lokacije ulovljeno je 17 jedinki među kojima 3 vrste, 2013. godine na tri lokacije ulovljeno je 116 jedinki među kojima 4 vrste, a 2014. godine na tri lokacije ulovljeno je 193 jedinki među kojima 4 vrste.

Zabilježeno je 5 vrsta iz roda *Dixa*: *Dixa puberula* Loew 1849, *Dixa submaculata* Edwards 1920, *Dixa maculata* Meigen 1818, *Dixa nebulosa* Meigen 1830 i *Dixa nubilipennis* Curtis 1832, koja je zabilježena sa samo jednom jedinkom (Slika 4.1). Vrsta *D. puberula* je bila najzastupljenija vrsta s 933 jedinki prisutna na svih 10 lokacija tijekom 2007. i 2008. godine. Vrsta *D. submaculata* je zabilježena na gornjim tokovima Bijele i Crne rijeke i Donjem toku Crne rijeke. Najveći broj jedinki je pronađen na Barijeri Labudovac 2014. godine, 128 jedinki vrste *D. puberula*, a najmanji na lokaciji Korana u selu 2007., samo jedna jedinka vrste *D. nebulosa* (Tablica 4.2).



Slika 4.1. Krila i muške genitalije vrsta *Dixa puberula* (A), *Dixa submaculata* (B), *Dixa maculata* (C), *Dixa nebulosa* (D) i *Dixa nubilipennis* (E) (Preuzeto: www.spessart-fliegen.de).

Tablica 4.2. Broj vrsta i jedinki na pojedinim lokacijama (IBR - Izvor Bijele rijeke, SBR - Gornji tok Bijele rijeke, ICR - Izvor Crne rijeke, SCR - Gornji tok Crne rijeke, DCR - Donji tok Crne rijeke, BL - Barijera Labudovac, BKM - Barijera Kozjak-Milanovac, BNB - Barijera Novakovića Brod, PP - Potok Plitvica, KS - Korana u selu) u razdoblju od 2007. do kraja 2014. godine.

Lokacija		<i>Dixa puberula</i> Loew, 1849	<i>Dixa submaculata</i> Edwards, 1920	<i>Dixa nebulosa</i> Meigen, 1830	<i>Dixa maculata</i> Meigen, 1818	<i>Dixa nubilipennis</i> Curtis, 1832
IBR	2007	32	0	0	0	0
	2008	5	0	0	0	0
	2009	0	1	0	0	0
	2010	0	12	0	0	0
	2011	0	30	0	0	0
	2012	0	5	0	0	0
	2013	0	3	0	0	0
ICR	2007	3	0	0	0	0
	2008	3	0	0	0	0
SBR	2007	0	43	0	0	0
	2008	0	5	0	1	0
	2009	0	34	0	0	0
	2010	1	9	0	0	0
SCR	2007	1	26	1	2	0
	2008	0	22	0	4	0
DCR	2007	18	5	0	0	0
	2008	1	15	0	0	0
BL	2007	48	0	0	1	0
	2008	69	0	3	0	0
	2009	36	0	2	0	0
	2010	47	0	0	0	0
	2011	2	0	0	0	0
	2012	3	0	0	0	0
	2013	104	0	0	2	0
BKM	2007	5	0	10	0	0
	2008	1	0	32	0	0
	2009	1	3	13	0	0
	2010	0	0	5	0	0
	2011	4	0	9	0	0
	2012	8	0	1	0	0
	2013	3	0	4	0	0
BNB	2007	51	0	1	1	0
	2008	116	1	6	0	0
PP	2007	52	0	2	0	0
	2008	96	0	0	0	0
KS	2007	0	0	1	0	0
	2008	45	0	7	0	1

4. 3. Raznolikost i sličnost vrsta porodice Dixidae na istraživanim postajama u razdoblju od 2007. do 2008. godine

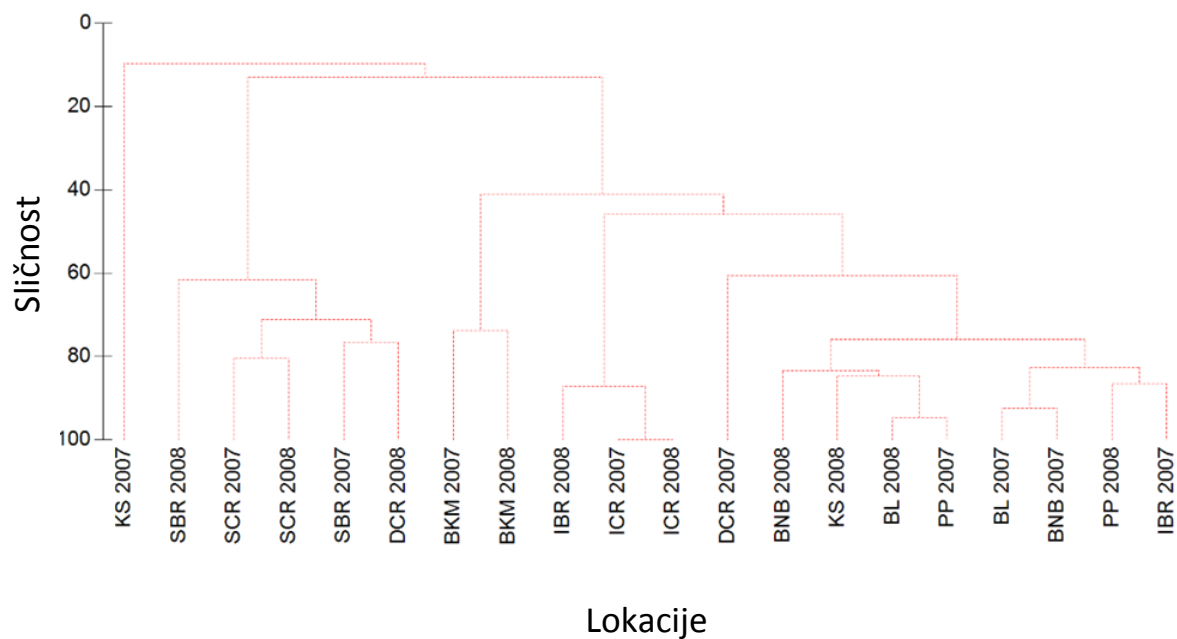
Istraživane lokacije se međusobno razlikuju u broju vrsta, jedinki i u sastavu zajednice porodice Dixidae. Razlike između pojedinih lokacija u razdoblju 2007./2008. godine utvrđene su indeksima raznolikosti i ujednačenosti (Tablica 4.3).

Tablica 4.3. Indeksi raznolikosti porodice Dixidae na istraživanim postajama tijekom istraživanog razdoblja (S - broj vrsta, N - broj jedinki, J' - Pielouov indeks, H' - Shannon-Wienerov indeks, 1-D - Simpsonov indeks).

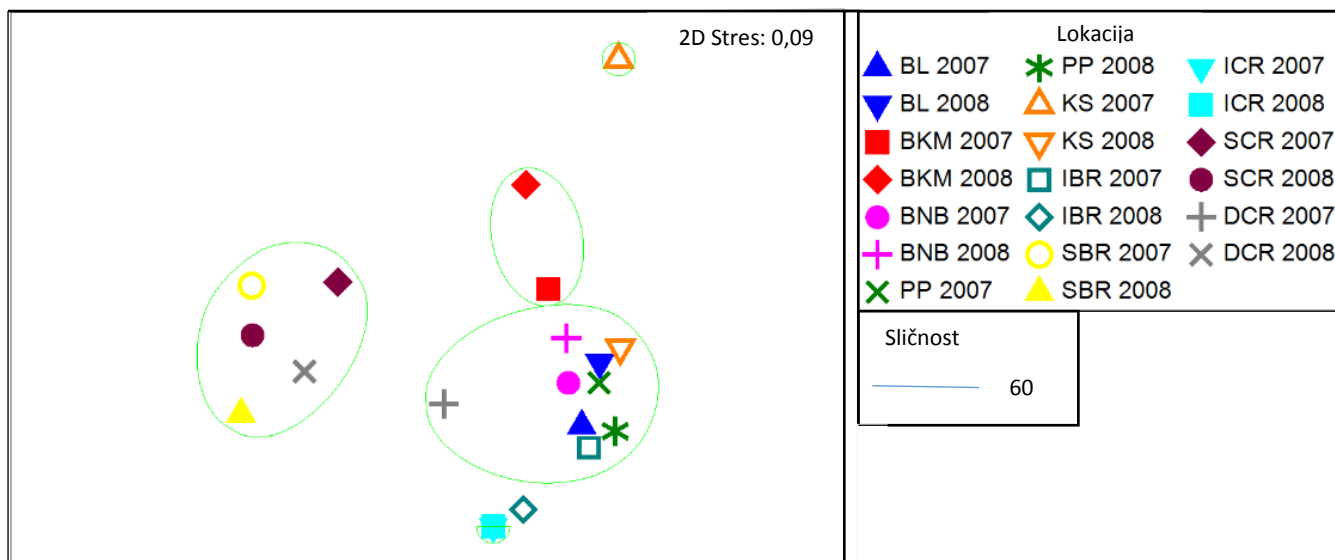
		S	N	J'	H'(log ₂)	1-D
IBR	2007	1	32	0,00	0,00	0,00
	2008	1	5	0,00	0,00	0,00
SBR	2007	1	43	0,00	0,00	0,00
	2008	2	6	0,65	0,45	0,33
ICR	2007	1	3	0,00	0,00	0,00
	2008	1	3	0,00	0,00	0,00
SCR	2007	4	30	0,38	0,53	0,25
	2008	2	26	0,62	0,43	0,27
DCR	2007	2	23	0,76	0,52	0,36
	2008	2	16	0,34	0,23	0,13
BL	2007	2	49	0,14	0,10	0,04
	2008	2	72	0,25	0,17	0,08
BNB	2007	3	53	0,17	0,19	0,07
	2008	3	123	0,22	0,24	0,11
BKM	2007	2	15	0,92	0,64	0,48
	2008	2	33	0,20	0,14	0,06
PP	2007	2	54	0,23	0,16	0,07
	2008	1	96	0,00	0,00	0,00
KS	2007	1	1	0,00	0,00	0,00
	2008	3	53	0,44	0,48	0,27

Najveću raznolikost imala je Barijera Kozjak-Milanovac u 2007. godini, a najveći broj vrsta, 4 vrste, nađeno je na lokaciji Gornji tok Crne rijeke 2007. godine. Najveće razlike u strukturi i sastavu zajednice Dixidae zabilježene su između lokacije Korana u selu tijekom 2007. godine i svih ostalih, s obzirom da je ta lokacija u toj godini u potpunosti presušila tijekom ljeta.

Na slikama 4.2 i 4.3 prikazana je sličnost zajednica porodice Dixidae po lokacijama i godinama, prvo klaster analizom, a zatim NMDS analizom. Barijera Kozjak-Milanovac čini zasebnu skupinu kao i Izvor Crne rijeke te lokacija Korana u selu 2007. godine. Grupirali su se gornji tokovi, dok su se sve ostale lokacije grupirale u zasebnu grupu.



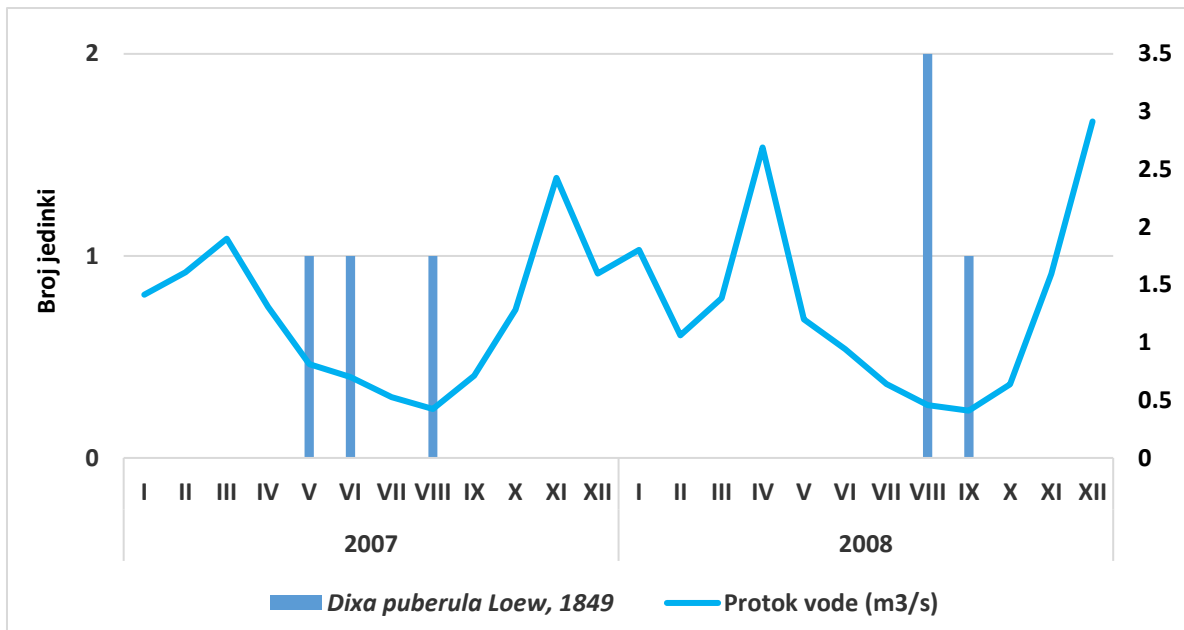
Slika 4.2. Sličnost (Bray-Curtis indeks sličnosti) uzoraka po lokacijama i godinama (2007./2008.) - klaster analiza.



Slika 4.3. NMDS sličnost porodice Dixidae od 2007. do 2008. godine (IBR - Izvor Bijele rijeke, SBR - Gornji tok Bijele rijeke, ICR - Izvor Crne rijeke, SCR - Gornji tok Crne rijeke, DCR - Donji tok Crne rijeke, BL - Barijera Labudovac, BKM - Barijera Kozjak-Milanovac, BNB - Barijera Novakovića Brod, PP - Potok Plitvice, KS - Korana u selu).

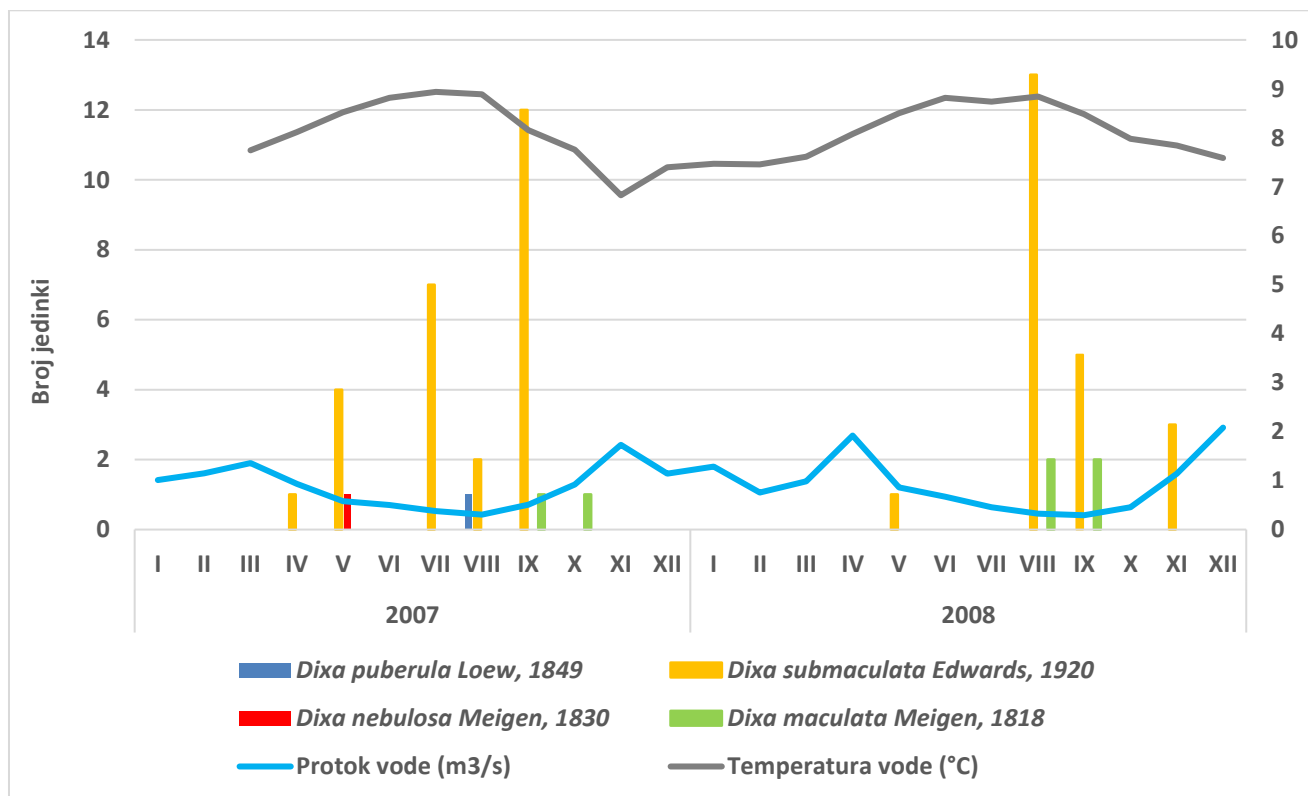
4. 4. Fenološke značajke porodice Dixidae od 2007. do 2008. godine na lokacijama Izvor Crne rijeke, Gornji tok Crne rijeke, Donji tok Crne rijeke, Barijera Novakovića Brod, Potok Plitvica i Korana u selu

Na Izvoru Crne rijeke u 2007. i u 2008. godini nađena je vrsta *Dixa puberula*. U 2007. godini sakupljena je po jedna jedinka u 5., 6. i 8. mjesecu, dok su u 2008. godini sakupljene dvije jedinke u 8. i jedna u 9. mjesecu. Emergencija se podudara s nižim protokom vode. Temperatura je ujednačena na izvoru kroz cijelu godinu te stoga nema značajan utjecaj na emergenciju (Slika 4.4).



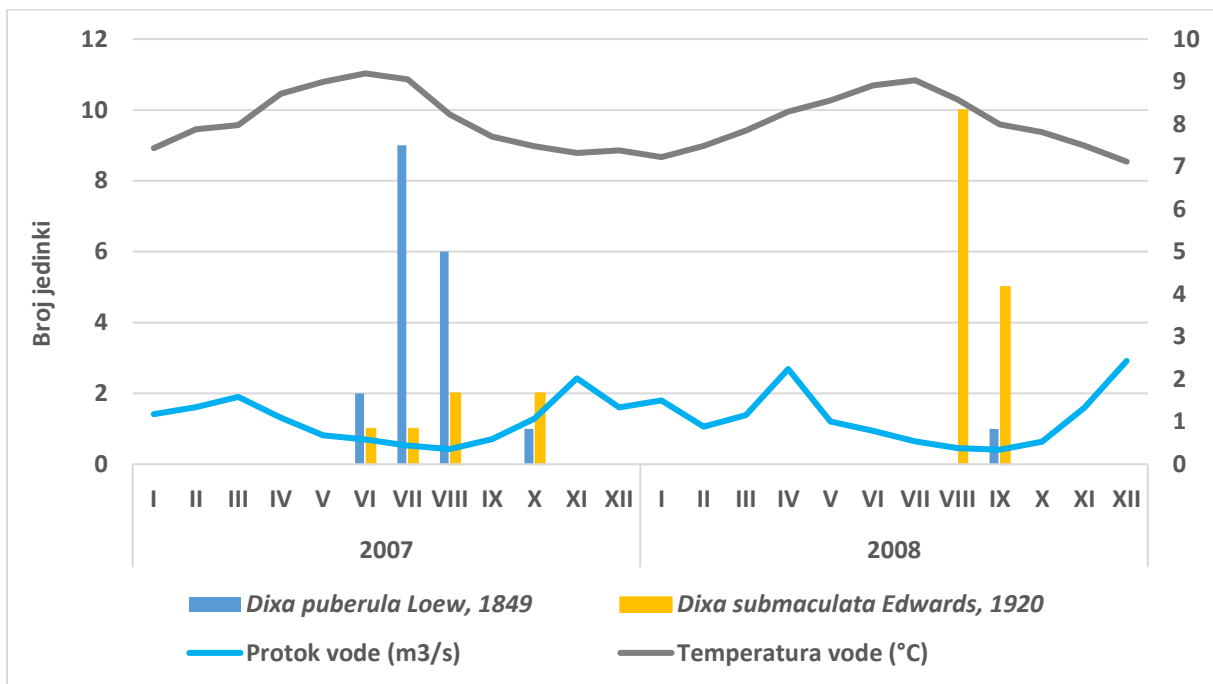
Slika 4.4. Fenološke značajke porodice Dixidae i srednji mjesečni protok vode na lokaciji Izvor Crne rijeke.

Na lokaciji Gornji tok Crne rijeke pronađene su četiri vrste u razdoblju istraživanja. U 2007. godini sakupljeno je 30 jedinki, a dominantna vrsta je *Dixa submaculata* (26 jedinki), čija je emergencija započela u 4. mjesecu, a završila u 9. mjesecu, te je u tom razdoblju imala tri vrhunca emergencije (u 5., 7. i 9. mjesecu). Pronađene su dvije jedinke vrste *Dixa maculata* (u 9. i 10. mjesecu), jedna jedinka vrste *Dixa nebulosa* (u 5. mjesecu) te jedna jedinka vrste *Dixa puberula* (u 8. mjesecu). U 2008. godini sakupljeno je 26 jedinki, 22 jedinke vrste *D. submaculata* i 4 jedinke vrste *D. maculata*. Emergencija vrste *D. submaculata* trajala je od 5. do 11. mjeseca, sa dva vrhunca emergencije (u 8. i 11. mjesecu). Po dvije jedinke vrste *D. maculata* sakupljene su u 8. i 9. mjesecu. Emergencija se podudara s nižim protokom vode i višim temperaturama u obje godine, ali razlike u temperaturi kroz godinu su i dalje vrlo male (manje od 2°C) na gornjim tokovima (Slika 4.5).



Slika 4.5. Fenološke značajke porodice Dixidae, srednji mjesečni protok vode i srednja mjesečna temperatura vode na lokaciji Gornji tok Crne rijeke.

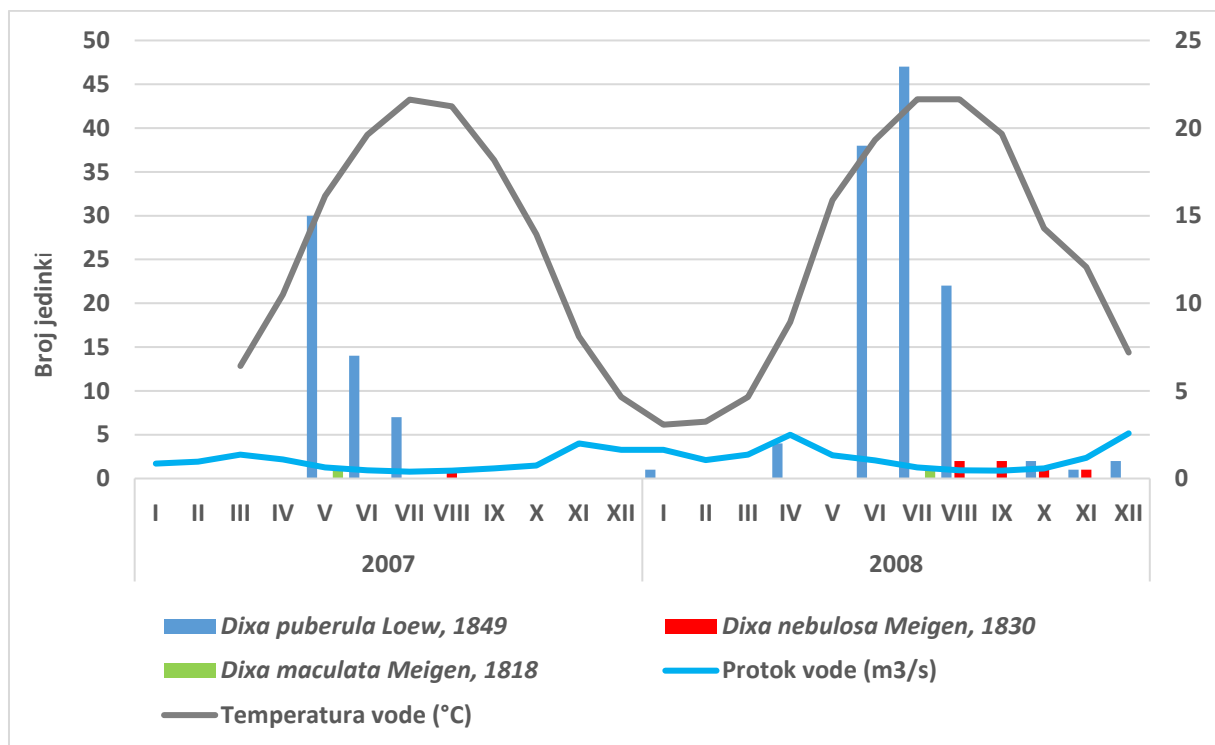
Na lokaciji Donji tok Crne rijeke pronađene su dvije vrste u razdoblju istraživanja. Sakupljeno je 18 jedinki vrste *Dixa puberula* i 6 jedinki vrste *Dixa submaculata* u 2007. godini. Obje vrste su emergirale u razdoblju od 6. do 10. mjeseca (emergencija izostaje u 9. mjesecu), sa vrhuncem u 7. mjesecu za vrstu *D. puberula*. U 2008. godini dominantna vrsta je *D. submaculata*, sa 15 sakupljenih jedinki naspram jedne sakupljene jedinice vrste *D. puberula*. Vrhunac emergencije je u 8. mjesecu. Vrhunci emergencije vrste *D. submaculata* se podudaraju sa višim ljetnim temperaturama (Slika 4.6).



Slika 4.6. Fenološke značajke porodice Dixidae, srednji mjesečni protok vode i srednja mjesečna temperatura vode na lokaciji Donji tok Crne rijeke.

Na lokaciji Barijera Novakovića Brod pronađene su tri vrste u razdoblju istraživanja. U 2007. godini sakupljene su 53 jedinke, dominantna vrsta je bila *Dixa puberula* sa 51 jedinkom. Emergirala je u 5., 6. i 7. mjesecu, sa vrhuncem emergencije u 5. mjesecu. Pronađena je jedna jedinka vrste *Dixa maculata* u 5. mjesecu i jedna jedinka veste *Dixa nebulosa* u 8. mjesecu. U 2008. godini sakupljeno je 117 jedinki vrste *D. puberula* u razdoblju od 1. do 12. mjeseca, sa vrhuncima emergencije u 4. i 7. mjesecu. Sakupljeno je šest jedinki vrste *D. nebulosa* u razdoblju od 8. do 11. mjeseca i jedna jedinka vrste *D. maculata* u 7. mjesecu (Slika 4.7).

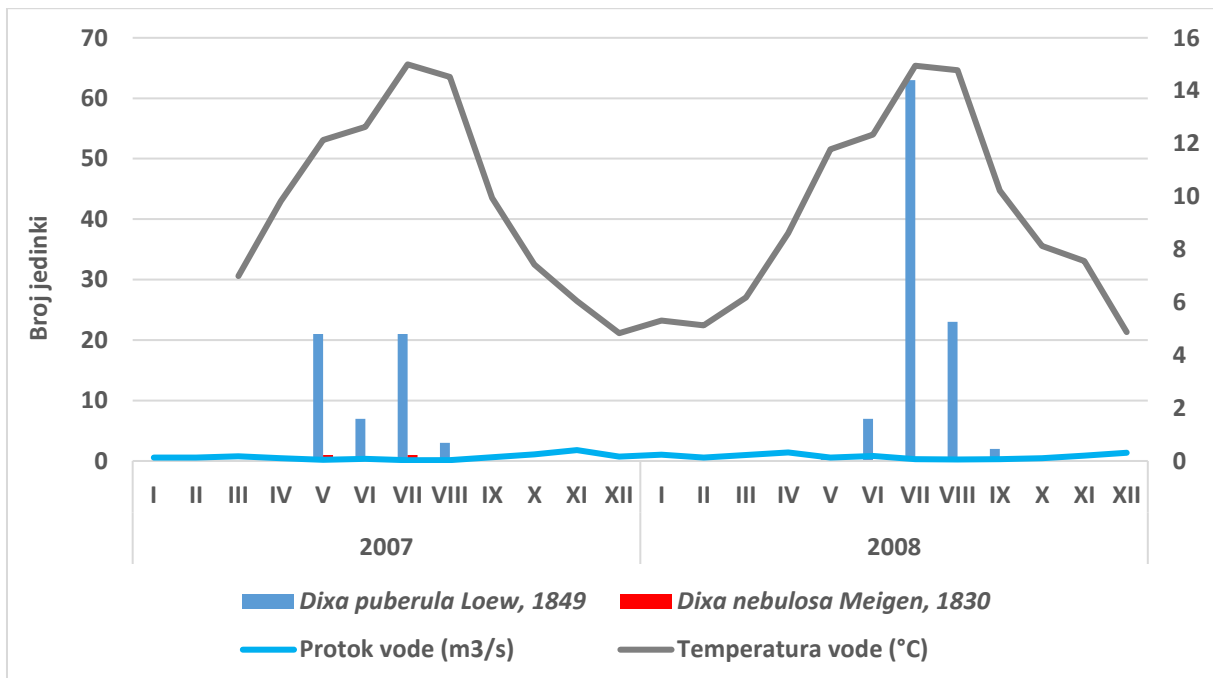
Na barijerama se temperatura mijenja tijekom godine u prosjeku od 18 do 20 °C i takve promijene utječu na emergenciju i fenologiju porodice Dixidae. Vrhunac emergencije se podudara s višim ljetnim temperaturama u 2008. godini, ali u 2007. se odvio prije temperaturnog maksimuma, u 4. mjesecu. Jedinke vrste *D. nebulosa* su sakupljene u kasnijim mjesecima pri nižim temperaturama.



Slika 4.7. Fenološke značajke porodice Dixidae, srednji mjesečni protok vode i srednja mjesečna temperatura vode na lokaciji Barijera Novakovića Brod.

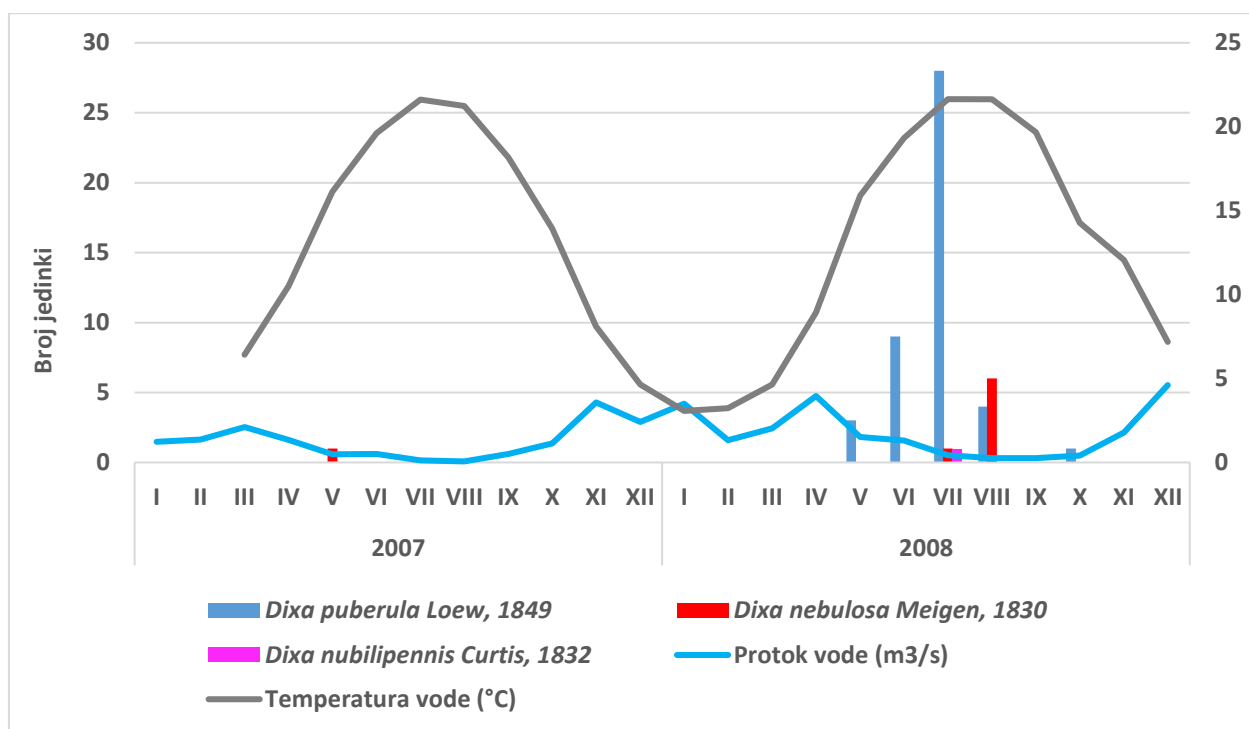
Na lokaciji Potok Plitvica pronađene su dvije vrste u razdoblju istraživanja. U 2007. godini sakupljene su 52 jedinke, a dominantna vrsta je bila *Dixa puberula* sa 50 jedinki. Emergencija je trajala od 5. do 8. mjeseca, s dva vrhunca u 5. i 7. mjesecu. U ta dva mjeseca sakupljene su i dvije jedinke vrste *Dixa nebulosa*. U 2008. godini zabilježena je samo vrsta *D. puberula* sa 96 sakupljenih jedinki u razdoblju od 5. do 9. mjeseca. Vrhunac emergencije bio je u 7. mjesecu (Slika 4.8).

Emergencija je obje godine započela u 5. mjesecu kad su temperature dosegle približno 12 °C, a vrhunac u 7. mjesecu, sa temperaturama od 15 °C. Vrhunci emergencije se podudaraju s nižim protokom vode i najvišim temperaturama.



Slika 4.8. Fenološke značajke porodice Dixidae, srednji mjesečni protok vode i srednja mjesečna temperatura vode na lokaciji Potok Plitvica.

Na lokaciji Korana u selu pronađene su tri vrste u razdoblju istraživanja. U 2007. godini sakupljena je samo jedna jedinka vrste *Dixa nebulosa* u 5. mjesecu. U 2008. godini pronađene su 53 jedinke. Dominira vrsta je bila *Dixa puberula* s 44 jedinke, koja je emergirala od 5. do 10. mjeseca s vrhuncem u 7. mjesecu. Sakupljeno je i 6 jedinki vrste *D. nebulosa* te jedina jedinka vrste *Dixa nubilipennis*, koja je jedina jedinka sakupljena tijekom cijelog razdoblja istraživanja (Slika 4.9).

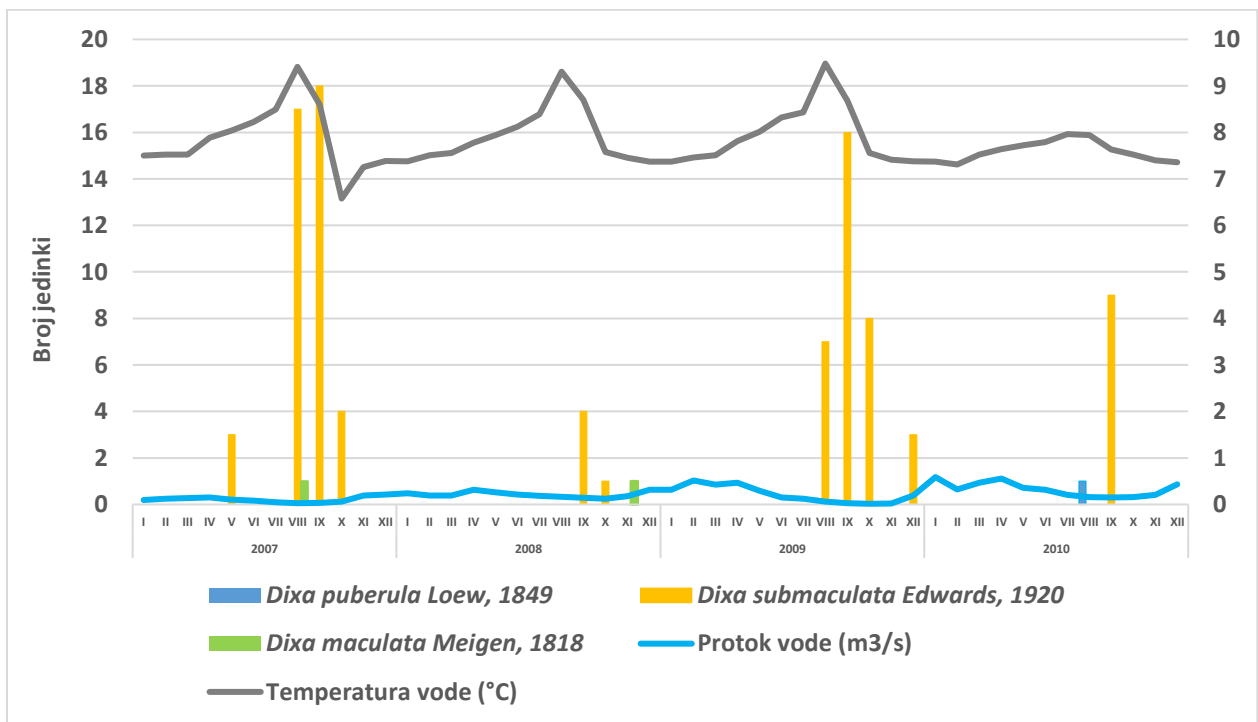


Slika 4.9. Fenološke značajke porodice Dixidae, srednji mjesečni protok vode i srednja mjesečna temperatura vode na lokaciji Korana u selu.

4. 5. Fenološke značajke porodice Dixidae od 2007. do 2010. godine na lokaciji Gornji tok Bijele rijeke

Na lokaciji Gornji tok Bijele rijeke pronađene su tri vrste u razdoblju istraživanja. Vrsta *Dixa submaculata* je dominantna vrsta u svakoj godini. U 2007. godini sakupljene su 42 jedinke te vrste sa vrhunca emergencije u 5. i 9. mjesecu. U 2008. godini sakupljene su 3 jedinke u 9. mjesecu, u 2009. godini 34 jedinke sa dva vrhunca emergencije u 9. i 12. mjesecu, a u 2010. godini sakupljeno je 9 jedinki u 9. mjesecu. Uz vrstu *D. submaculata* sakupljene su i dvije jedinke vrste *Dixa maculata*, u 8. mjesecu 2007. godine i 11. mjesecu 2008. Jedna jedinka vrste *D. puberula* sakupljena je u 8. mjesecu 2010. godine (Slika 4.10).

Svake godine vrhunci emergencije se podudaraju sa višim ljetnim temperaturama. Premda su najniže prosječne temperature zabilježene u 2010., iako su varijacije temperature tijekom godine manje od 2°C.

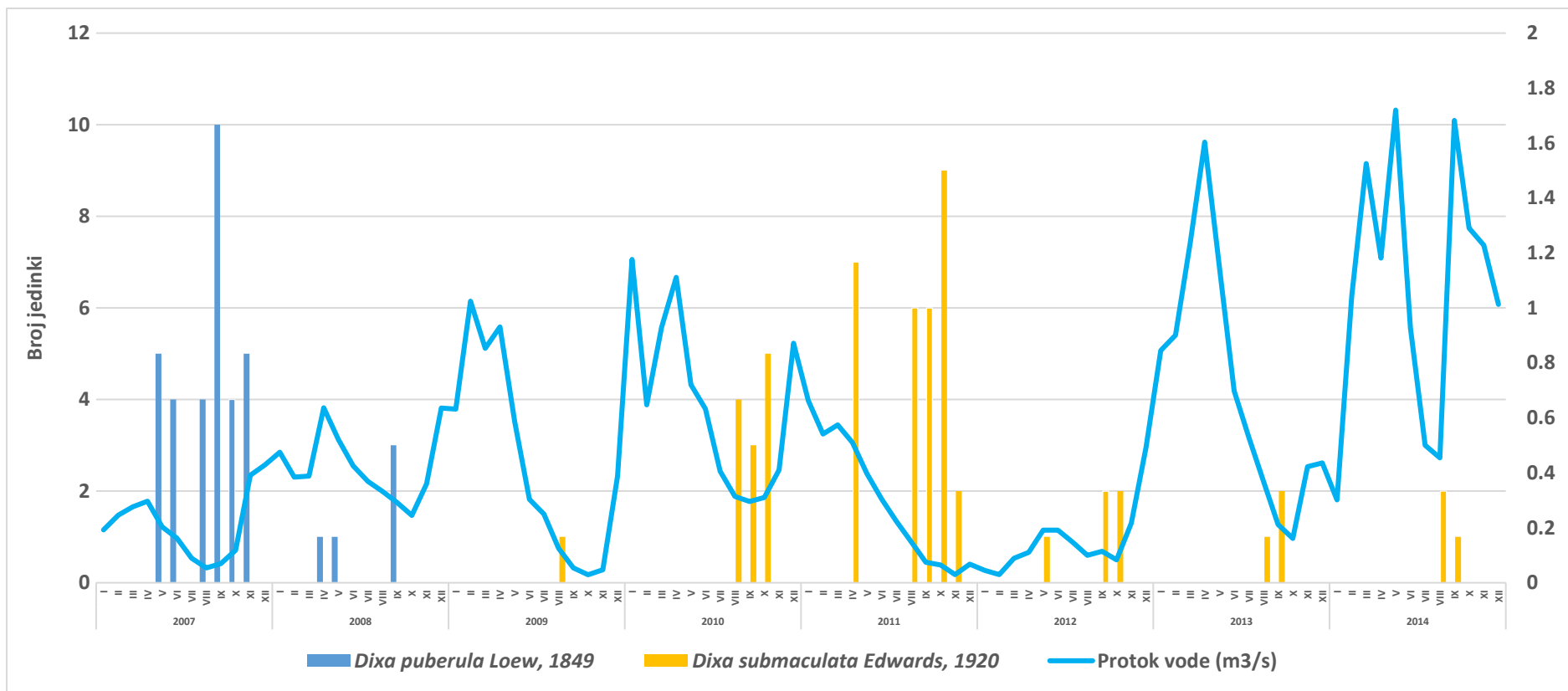


Slika 4.10. Fenološke značajke porodice Dixidae, srednji mjesečni protok vode i srednja mjesečna temperatura vode na lokaciji Gornji tok Bijele rijeke.

4. 6. Fenološke značajke porodice Dixidae od 2007. do 2014. godine na lokacijama Izvor Bijele rijeke, Barijera Labudovac i Barijera Kozjak-Milanovac

Na lokaciji Izvor Bijele rijeke pronađene su 2 vrste u razdoblju istraživanja. Prve dvije godine pronađena je samo vrsta *Dixa puberula* (37 jedinki), a od 2009. do 2014. godine samo vrsta *Dixa submaculata* (54 jedinke). U 2007. godini *D. puberula* je emergirala od 5. do 11. mjeseca, sa tri vrhunca u 5., 9. i 11. mjesecu. U 2008. godini dvije jedinke su sakupljene u 4. i 5. mjesecu i tri u 9. mjesecu. *D. submaculata* je brojila najviše sakupljenih jedinki u 2011. godini, dok je u ostalim godinama pronađeno manje jedinki. Emergencija joj najčešće počinje u 8. mjesecu, ali može i ranije, tako je 2011. godine prvi vrhunac zabilježen u 4. mjesecu, a drugi u 10 mjesecu (Slika 4.11).

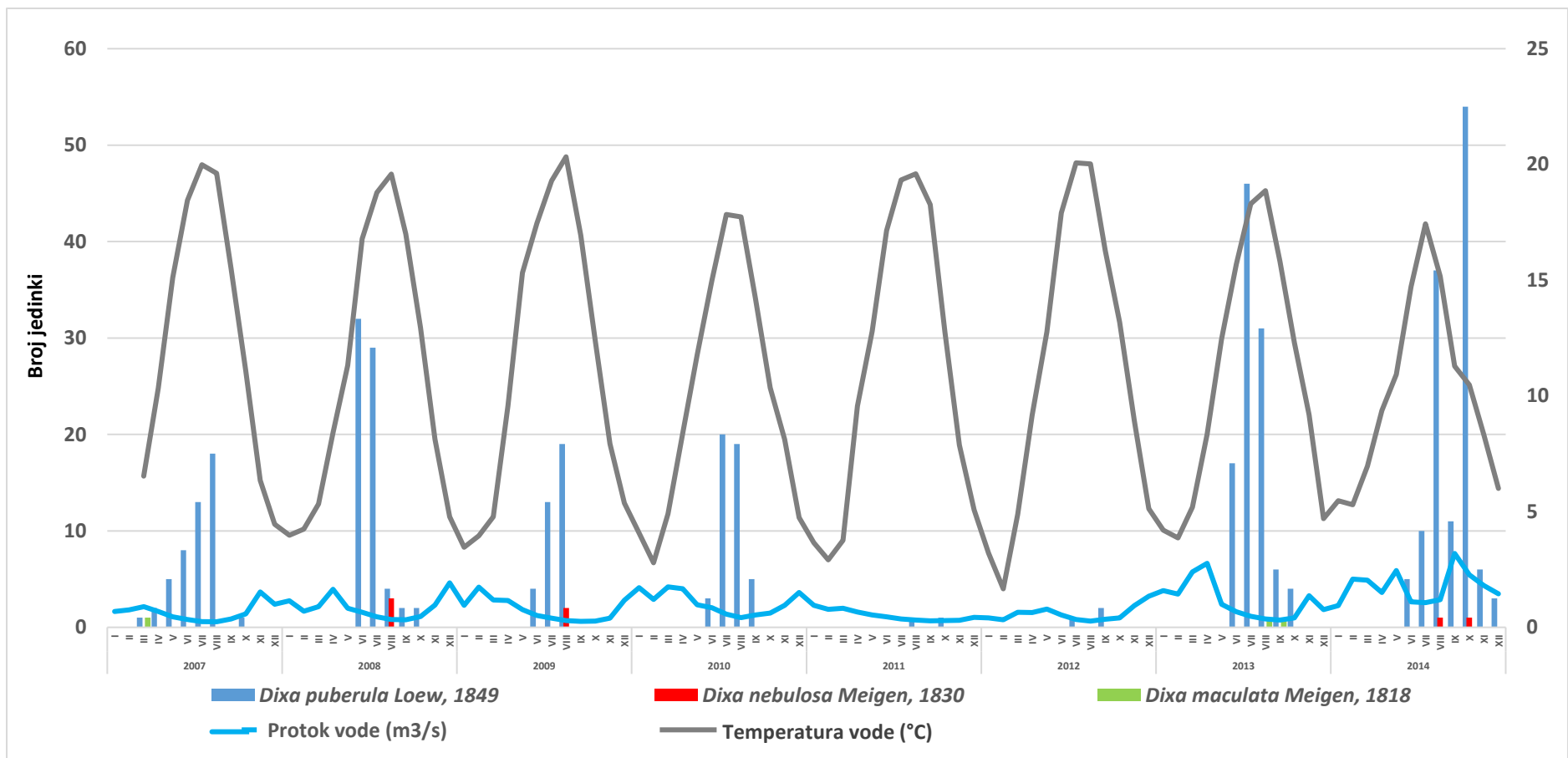
Temperatura je na izvoru konstantna kroz godinu, ali emergencija se podudara sa nižim protokom vode.



Slika 4.11. Fenološke značajke porodice Dixidae i srednji mjesečni protok vode na lokaciji Izvor Bijele rijeke.

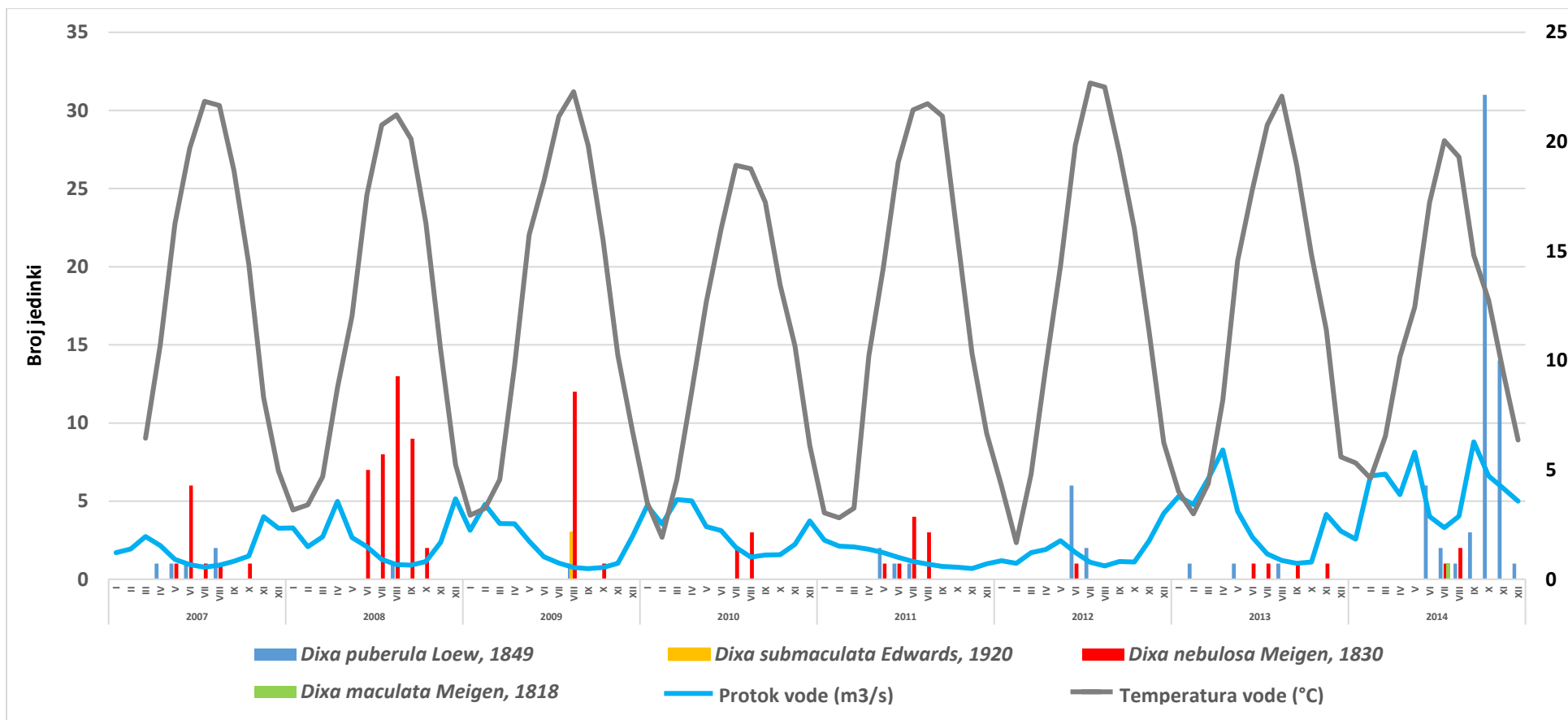
Na lokaciji Barijera Labudovac nađene su tri vrste u razdoblju istraživanja. Vrsta *Dixa puberula* je bila dominantna u svakoj godini. Emergencija najčešće počinje u 6. mjesecu i ima jedan vrhunac. U 2014. godini je imala dva vrhunca i ta godina na ovoj lokaciji ujedno ima i najveći broj zabilježenih jedinki u čitavom istraživanju. U 2011. i 2012. godini sakupljeno je vrlo malo jedinki. Od ostalih vrsta, *Dixa nebulosa* je sakupljena u 2008., 2009. i 2014. godini, a jedna jedinka vrste *Dixa maculata* je sakupljena u 2007. godini (Slika 4.12).

Vrhunci emergencije se podudaraju sa višim temperaturama i nižim protocima vode. Protok vode je bio niži od prosječnog u 2011. i 2012. godini, kad je sakupljeno najmanje jedinki.



Slika 4.12. Fenološke značajke porodice Dixidae, srednji mjesečni protok vode i srednja mjesečna temperatura vode na lokaciji Barijera Labudovac.

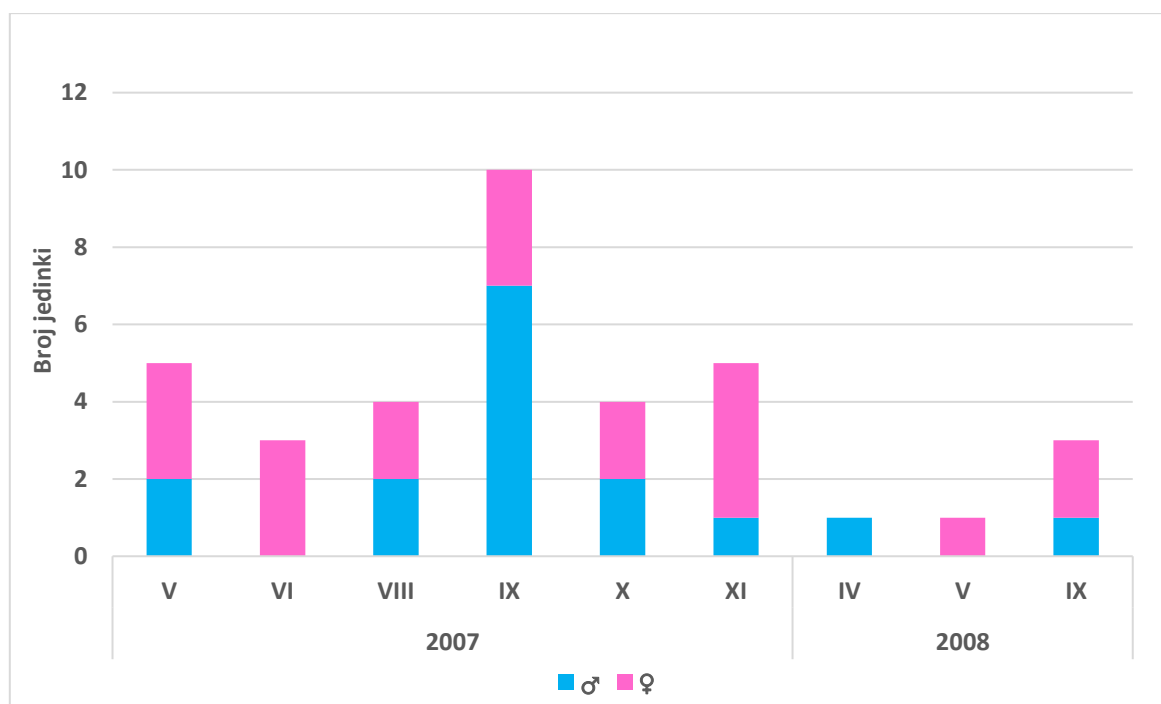
Na lokaciji Barijera Kozjak-Milanovac pronađene su 4 vrste u razdoblju istraživanja. *Dixa nebulosa* je dominantna od 2007. do 2011. godine, *Dixa puberula* u 2012. i 2014. godini, a u 2013. godini te dvije vrste su jednoliko zastupljene. Imaju po jedan vrhunac emergencije (*D. nebulosa* u 6., 7. i 8. mjesecu, a *D. puberula* u 6. mjesecu), uz izuzetak vrste *D. puberula* u 2014. godini, kada je imala dva vrhunca (6. i 10. mjesec). Tri jedinke vrste *Dixa submaculata* su sakupljene u 2009. godini, a jedna jedinka vrste *Dixa maculata* u 2014. godini (Slika 4.13).



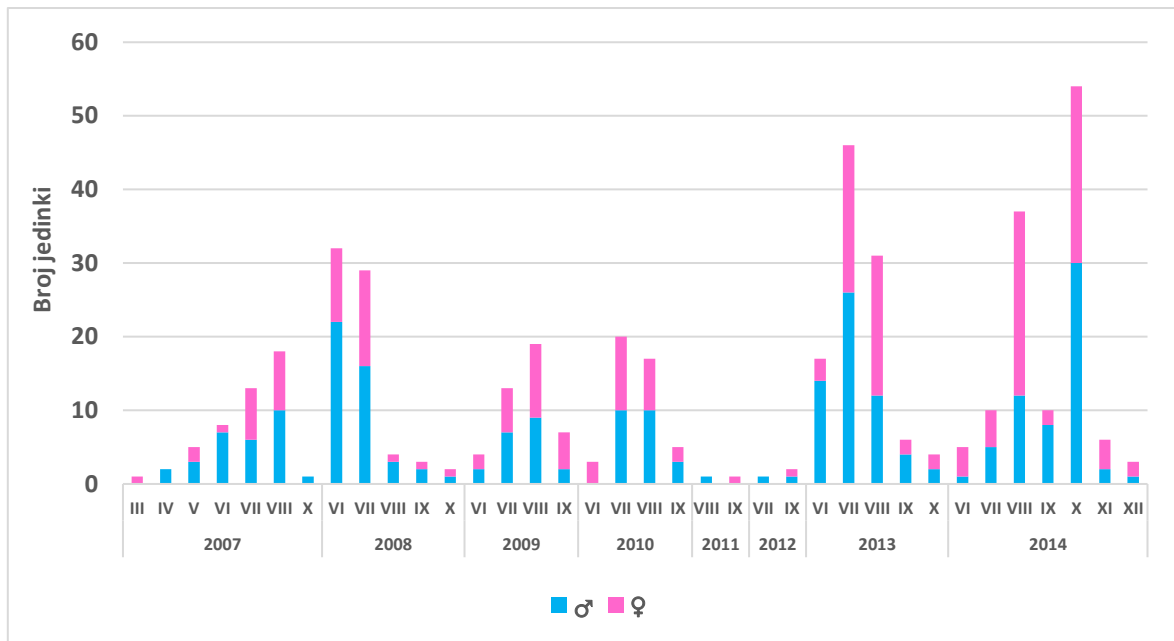
Slika 4.13. Fenološke značajke porodice Dixidae, srednji mjesečni protok vode i srednja mjesečna temperatura vode na lokaciji Barijera Kozjak-Milanovac.

4. 7. Odnos brojnosti mužjaka i ženki vrste *Dixa puberula* na lokacijama Izvor Bijele rijeke, Barijera Labudovac i Potok Plitvica

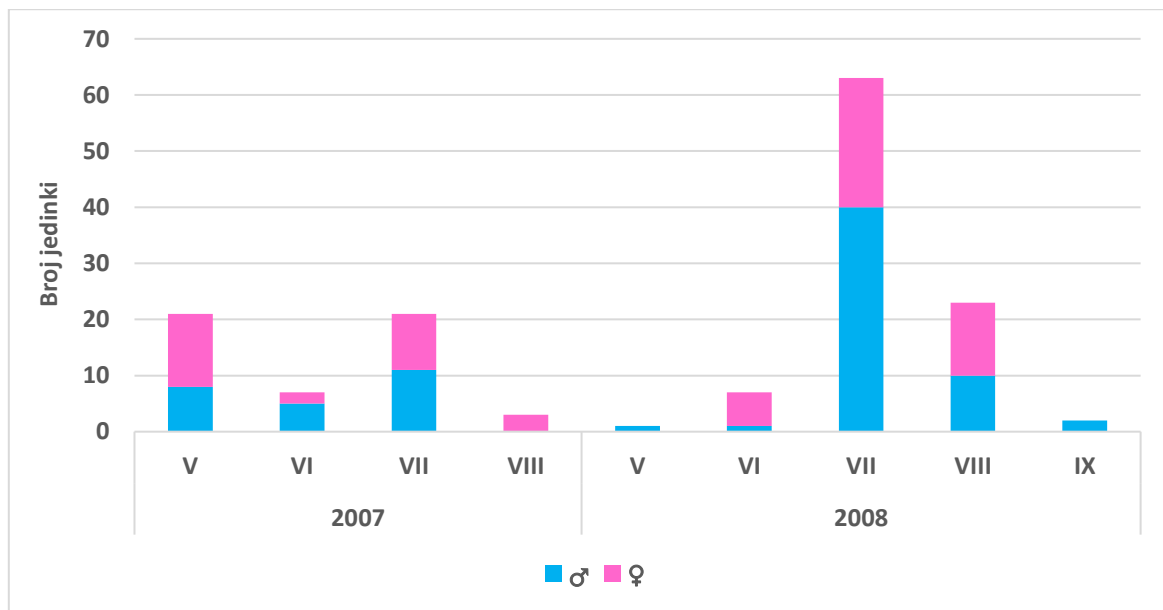
Mužjaci i ženke vrste *Dixa puberula* su jednako zastupljeni na svim lokacijama gdje je vrsta bila dominantna. Na lokaciji Izvoru Bijele rijeke 2007. godine mužjaci su činili 45,2 % sakupljenih jedinki, a ženke 54,8 %. Iduće godine omjer je bio 40 % mužjaka i 60 % ženki. Na Barijeri Labudovac omjeri mužjaka i ženki bili su sljedeći: 60,4 % mužjaka 2007. godine, 62,8 % mužjaka 2008. godine, 46,5 % mužjaka 2009. godine, 51,1 % mužjaka 2010. godine, 55,8 % mužjaka 2013. godine te 46,4 % mužjaka 2014. godine. Na lokaciji Potok Plitvica 2007. godine mužjaci su činili 38,7 % sakupljenih jedinki, a iduće godine 56,2 %. Emergenција oba spola je započinjala u istim mjesecima, a omjer spolova je bio ujednačen. Iznimka su 2007. i 2008. godina na Barijeri Labudovac, kad je bilo primjetno više mužjaka. U pojedinim mjesecima pronađen je samo jedan spol, ali uvijek se radi o vrlo malom broju jedinki (Slika 4.14, 4.15 i 4.16).



Slika 4.14. Omjer spolova vrste *Dixa puberula* na lokaciji Izvor Bijele rijeke.



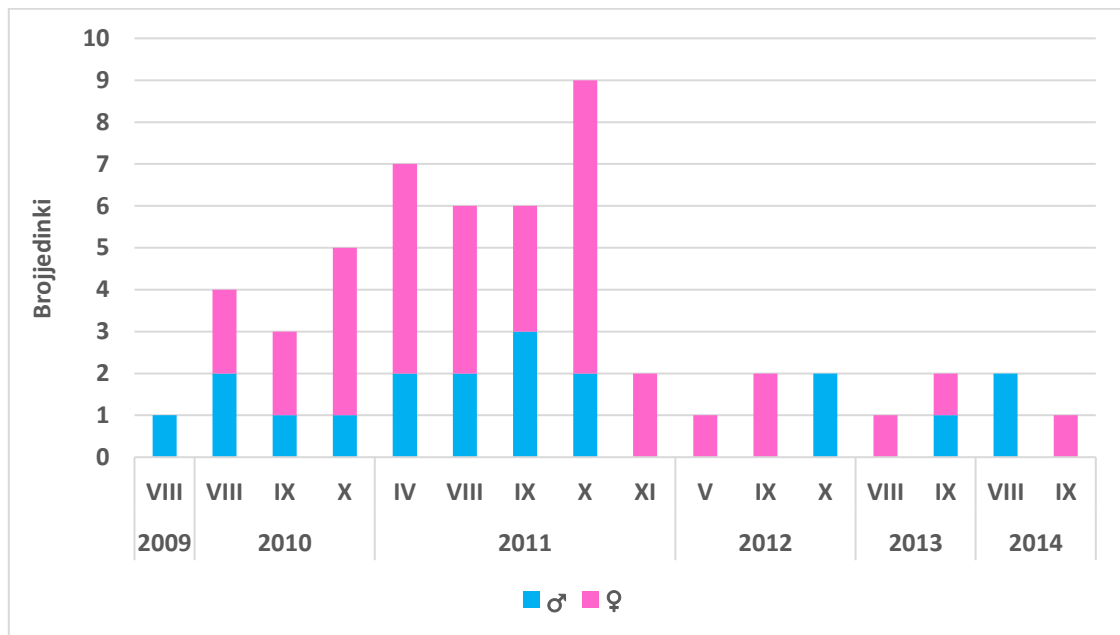
Slika 4.15. Omjer spolova vrste *Dixa puberula* na lokaciji Barijera Labudovac.



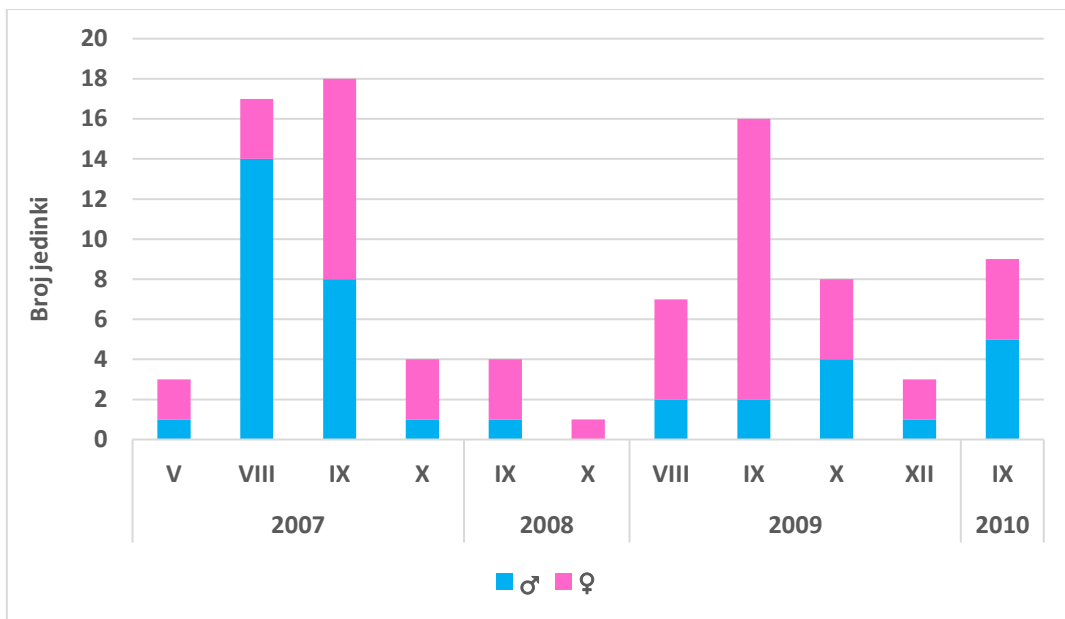
Slika 4.16. Omjer spolova vrste *Dixa puberula* na lokaciji Potok Plitvica.

4. 8. Odnos brojnosti mužjaka i ženki vrste *Dixa submaculata* na lokacijama Izvor Bijele rijeke, Gornji tok Bijele rijeke i Gornji tok Crne rijeke

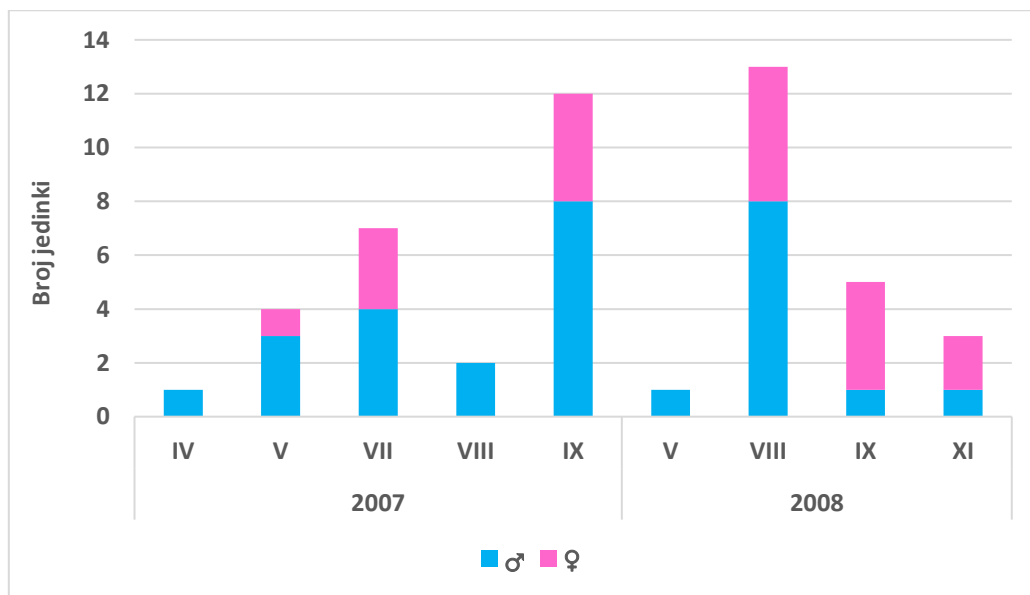
Na Izvoru Bijele rijeke prevladavaju ženke. Čine 61,5 % sakupljenih jedinki u 2010. godini, 70 % u 2011. godini te 60 % u 2012. godini. U 2012. i 2013. emergirale su prve, ali radi se o malom broju sakupljenih jedinki. U 2010. i 2011. godini, kad je sakupljen veći uzorak, oba spola započinju emergenciju u isto vrijeme. Na gornjem toku Bijele rijeke pronađeno je više mužjaka u 2007. godini (58,53 %), ali u razdoblju od 2008. do 2010. godine prevladavaju ženke (68,75 %). Na Izvoru i Gornjem toku Bijele rijeke emergencija oba spola započinje u isto vrijeme (Slika 4.17, 4.18 i 4.19).



Slika 4.17. Omjer spolova vrste *Dixa submaculata* na lokaciji Izvor Bijele rijeke.



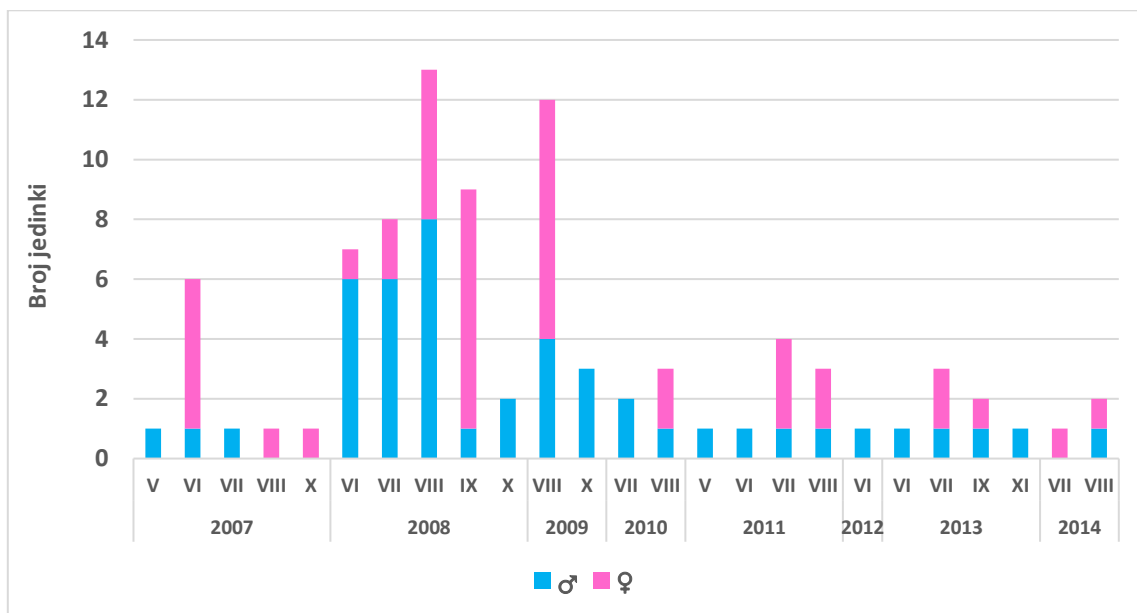
Slika 4.18. Omjer spolova vrste *Dixa submaculata* na lokaciji Gornji tok Bijele rijeke.



Slika 4.19. Omjer spolova vrste *Dixa submaculata* na lokaciji Gornji tok Crne rijeke.

4. 9. Odnos brojnosti mužjaka i ženki vrste *Dixa nebulosa* na lokaciji Barijera Kozjak-Milanovac

Mužjaci vrste *Dixa nebulosa* emergiraju prvi ili prevladavaju na početku emergencije. Ženke prevladavaju u kasnijim mjesecima. Tako u 2008. godini kada je zabilježeno dovoljno jedinki za analizu mužjaci čine 62,16 % nađenih jedinki, ali u 9. i 10. mjesecu čine 27,27 % (Slika 4.20). Također se kod ove vrste može zamjetiti da emergencija mužjaka u prosjeku započinje ranije u odnosu na ženke.

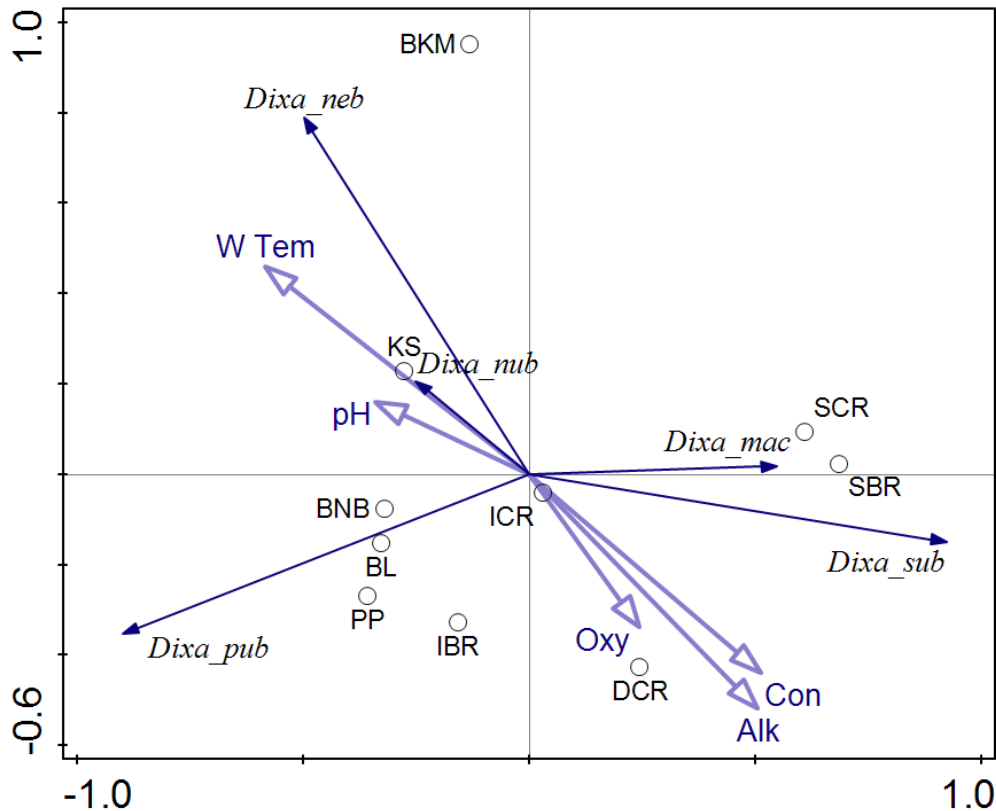


Slika 4.20. Omjer spolova vrste *Dixa nebulosa* na lokaciji Barijera Kozjak-Milanovac.

4. 10. Utjecaj fizikalno-kemijskih čimbenika vode na raspodjelu vrsta porodice Dixidae na istraživanim postajama tijekom 2007. i 2008. godine

Varijacije u sastavu i brojnosti vrsta porodice Dixidae su analizirane koristeći se analizom glavnih komponenti (PCA), da bi se povezao sastav vrsta porodice Dixidae sa fizikalno-kemijskim čimbenicima vode pojedinih postaja.

PCA, koja je obuhvatila fizikalno-kemijske čimbenike, lokacije i vrste Dixidae je razdvojila vrste *Dixa nebulosa*, *Dixa nubilipennis* i *Dixa puberula* (grupiranih u smjeru rastućih pH i temperature) od vrsta *Dixa maculata* i *Dixa submaculata* (grupiranih uglavnom u smjeru rastućih elektroprovodljivosti, alkaliniteta i kisika). Isto se odnosi i na postaje, gdje su samo lokacije SCR, SBR i DCR na desnoj strani PCA-dijagrama, a lokacija ICR u sredini dijagrama (Slika 4.17). Dvije glavne osi objašnjavaju 86,3 % varijance, Os 1 objašnjava 68,6 %, os 2 17,7 % te one najznačajnije koreliraju s temperaturom vode (Os-1 x W Tem, R = -0,9297; Os-2 x W Tem, R = 0,7039), elektroprovodljivosti (Os-1 x Con, R = 0,8177; Os-2 x Con, R = -0,6750) i alkalinitetom (Os-1 x Alk, R = 0,8068; Os-2 x Alk, R = -0,7961).



Slika 4.21. PCA analiza raspodjele vrsta porodice Dixidae na temelju fizikalno-kemijskih čimbenika vode na istraživanim postajama. IBR - Izvor Bijele rijeke, SBR - Gornji tok Bijele rijeke, ICR - Izvor Crne rijeke, SCR - Gornji tok Crne rijeke, DCR - Donji tok Crne rijeke, BL - Barijera Labudovac, BKM - Barijera Kozjak-Milanovac, BNB - Barijera Novakovića Brod, PP - Potok Plitvica, KS - Korana u selu. *Dixa_mac* - *Dixa maculata*, *Dixa_neb* - *Dixa nebulosa*, *Dixa_nub* - *Dixa nubilipennis*, *Dixa_pub* - *Dixa puberula*, *Dixa_sub* - *Dixa submaculata*. Con – Elektroprovodljivost ($\mu\text{S cm}^{-1}$), Alk – Alkalinitet ($\text{mg L}^{-1} \text{CaCO}_3$), Oxy - Koncentracija kisika (mg L^{-1}), W Tem - Temperatura vode ($^{\circ}\text{C}$).

4. 11. Odabir mikrostaništa kod porodice Dixidae

Kruskal Wallis H-test s Multiplim testom usporedbe je pokazao statistički značajnu razliku između mikrostaništa mahovina i pijeska za vrstu *Dixa puberula*, koja je više bila sklona mahovinama ($H = 11,614$, $df = 3$, $N = 76$, $p = 0,0058$).

Spearmanov koeficijent korelacije je pokazao da brzina vode pozitivno korelira s brojem jedinki vrste *Dixa puberula*, što je brža voda ima više jedinki ($R = 0,39$, $N = 76$, $p = 0,0004$).

Ostale vrste nisu pokazale statistički značajnu sklonost prema određenom tipu mikrostaništa.

5 RASPRAVA

5. 1. Sastav vrsta porodice Dixidae na istraživanim postajama

Tijekom osmogodišnjeg istraživanja iz emergencijskih klopki sakupljena je 1271 jedinka iz porodice Dixidae. Sve sakupljene jedinke su iz roda *Dixa* i zabilježeno je pet vrsta: *Dixa puberula*, *Dixa submaculata*, *Dixa maculata*, *Dixa nebulosa* i *Dixa nubilipennis*. Od 185 vrsta opisanih u svijetu (Wagner i sur. 2008, Ševčík 2011), 34 vrste dolaze u Europi od čega 13 vrsta pripada rodu *Dixa* (Pape i Beuk 2012). Od pet zabilježenih vrsta tri vrste (*Dixa nebulosa*, *Dixa nubilipennis* i *Dixa puberula*) su već prije zabilježene u istraživanju sedrenih barijera rijeke Krke (Ivković i sur. 2015a), a također vrsta *Dixa puberula* je već zabilježena za Izvore Bijele i Crne rijeke (Ivković i sur. 2015b). Vrste *Dixa maculata* i *Dixa submaculata* su po prvi put zabilježene u Hrvatskoj. Sve pronađene vrste su široko rasprostranjene u Europi (Pape i Beuk 2012). Za usporedbu, u Slovačkoj su sakupljene tri vrste roda *Dixa* (*Dixa puberula*, *Dixa dilatata* Strobl 1900 i *Dixa submaculata*) prilikom sličnog istraživanja (Oboňa i sur. 2015), a na potoku Breitenbach su također zabilježene tri vrste roda *Dixa* (*Dixa nebulosa*, *Dixa puberula* i *Dixa submaculata*) (Wagner i sur. 2011). S obzirom da su određene vrste nađene u malom broju, i s obzirom da je ovo prvi rad u Hrvatskoj koji se specifično bavi fenologijom porodice Dixidae, i s obzirom na broj vrsta u okolnim zemljama (Pape i Beuk 2012), ovo zasigurno nije finalni broj vrsta za Hrvatsku. Nadalje, istraživanje je provedeno na lotičkim staništima, dok su vrste roda *Dixella* sklone lentičkim staništima (Wagner 1997), što objašnjava izostanak tog roda u sakupljenim uzorcima. Vrsta *Dixa puberula* je bila najučestalija vrsta nađena na svim lokacija, a to je bila najčešća vrsta i na potoku Breitenbach (Wagner i sur. 2011) tijekom istraživanja emergencijskih značajki porodice Dixidae. Sljedeća najučestalija vrsta je *Dixa submaculata*, potom *Dixa nebulosa*, *Dixa maculata* i na kraju vrsta *Dixa nubilipennis* od koje smo našli samo jednu jedinku. Najveća brojnost porodice Dixidae se nalazi na istraživanim sedenim barijerama i to može biti povezano s dostupnosti hrane na tim lokacijama, s obzirom da sedrene barijere dolaze odmah nakon jezera te tu nalazimo veću količinu suspendiranih čestica u vodi (Špoljar i sur. 2007, Miliša i sur. 2010) kojima se ličinke porodice Dixidae hrane filtriranjem (Wagner 1997). Razlike u brojnosti i sastavu zajednica porodice Dixidae na istraživanim postajama, kao kod drugih porodica dvokrilaca, mogu se pripisati različitim

stanišnim tipovima, varijabilnostima okolišnih uvjeta i različitim mikrostanjima (Ivković i sur. 2012, 2014). Na Izvoru Bijele rijeke sakupljen je veći broj jedinki u odnosu na Izvor Crne rijeke. Objašnjenje bi moglo biti povezano s dostupnosti hrane i zasjenjenosti izvora, gdje je znatno više organskog detritusa prisutno na otvorenom Izvoru Bijele rijeke (okružen niskom vegetacijom i prisutna bogata makrovegetacija u samom izvoru) nego li je to na zatvorenom Izvoru Crne rijeke (okružen smrekovo-bukovom šumom) (Ivković i sur. 2015b). Lokacije na izvorima i gornjim tokovima Bijele i Crne rijeke su područja gdje se temperatura vode nije promijenila za više od 2 °C tijekom cijele godine, što znači da je temperaturni vodni režim stabilan, a alkalinitet i elektroprovodljivost su puno veći za razliku od sedrenih barijera i nizvodnih lokacija gdje se temperatura vode tijekom godine znatno mijenja i pH vrijednosti su veće (Ivković i sur. 2012, 2014). Vrsta *Dixa submaculata* je samo pronađena na Izvoru Bijele rijeke te na gornjim tokovima Bijele i Crne rijeke i na Donjem toku Crne rijeke pa možemo zaključiti da je ta vrsta sklona izvorišnim dijelovima sa stalnom temperaturom vode tijekom godine, kao što je zapaženo i u istraživanju na potoku Breitenbachu (Wagner 2011). Vrsta *Dixa nebulosa* svakako je sklona lokacijama gdje se temperatura vode značajno mijenja tijekom godine, dok vrsta *Dixa puberula* nema sklonost jer je prisutna na svim istraživanim lokacijama, ali u različitim omjerima, s većom brojnošću na lokacijama nizvodno od izvorišnih dijelova.

NMDS analizom su grupirane lokacije sa sličnim sastavom vrsta porodice Dixidae, te u većini slučajeva lokacije gdje voda ima slična fizikalno-kemijska svojstva. Vidi se da se zajednica porodice Dixidae gornjih tokova grupira zajedno, prvenstveno zbog prisutnosti vrsta *Dixa maculata* i *Dixa submaculata* koje su karakteristične za izvorišne tokove rijeka i potoka (Wagner 2011). Lokacije nizvodno se grupiraju zajedno s iznimkom lokacije Barijera Kozjak-Milanovac koja se izdvaja prvenstveno zbog dominantnosti vrste *Dixa nebulosa* na njoj. Lokaciju Korana u selu je pogodila suša 2007. godine zbog čega je ta lokacija izdvojena u NMDS analizi od ostalih, kao i lokacija Izvor Crne rijeke tijekom 2007. i 2008. godine i lokacija Izvor Bijele rijeke 2008. godine zbog izrazito malog broja jedinki.

Sastav zajednice porodice Dixidae se mijenja tijekom istraživanog razdoblja od 2007. do 2014. godine na tri istraživane lokacije. Na Izvoru Bijele rijeke se u razdoblju 2007. i 2008. godine javlja isključivo vrsta *Dixa puberula*, a u razdoblju od 2009. do 2014. javlja se isključivo vrsta *Dixa submaculata*. Na Barijeri Labudovac vrsta *Dixa puberula* dominira tijekom cijelog razdoblja istraživanja, a javlja se u najvećem broju 2014. godine, dok je na Barijeri Kozjak-Milanovac dominantna vrsta *Dixa nebulosa*, izuzev 2014. godine, kad je dominantna *Dixa puberula*. Barijera Labudovac bilježi najveći broj pronađenih jedinki, što može biti posljedica

raznolikosti mikrostaništa i dostupnosti raznolikosti izvora hrane (Habdija i sur. 2004). Sedrena barijera Labudovac se nalazi između Proščanskog jezera i jezera Okrugljak, a poznato je da je Proščansko jezero bogatije organskom tvari (Obelić i sur. 2005, Horvatinčić i sur. 2006).

5. 2. Fenologija vrsta porodice Dixidae na istraživanim postajama te utjecaj temperature vode i protoka vode na emergenciju i odnos spolova

Emergencija porodice Dixidae tijekom svih osam godina istraživanja zabilježena je već u siječnju na postaji Barijera Novakovića Brod, a najkasnije traje do prosinca na lokacijama Barijera Labudovac, Barijera Novakovića Brod i Barijera Kozjak-Milanovac. Voltizam (broj generacija godišnje) i period emergencije razlikuju se od vrste do vrste, po lokacijama i po godinama.

Vrsta *Dixa puberula* je najčešće univoltina ili bivoltina, ali može biti i trivoltina, ovisno o lokaciji na kojoj dolazi ili o godini. Vrhunci emergencije su u proljetnim i ljetnim mjesecima, najčešće od 5. do 8. mjeseca, ali vrsta izlijeće tijekom cijele godine, pa su jedinke zabilježene i u siječnju i prosincu. Disney (1999) je zabilježio emergenciju te vrste od 3. do 12. mjeseca, a Wagner (2011) u istraživanju na Breitenbachu uvijek bilježi da *D. puberula* ima samo jednu generaciju na izvoru, dok je u ovom istraživanju na Izvoru Bijele rijeke bila bivoltina ili trivoltina. Mužjaci i ženke ove vrste započinju emergenciju u isto vrijeme s ujednačenim brojem.

Vrsta *Dixa submaculata* dominira na gornjim tokovima Bijele i Crne rijeke, toku Crne rijeke i Izvoru Bijele rijeke. Vrsta *D. submaculata* je univoltina ili bivoltina, osim na gornjem toku Crne rijeke, gdje je trivoltina. Wagner (2011) je također zabilježio ovu vrstu kao dominantnu na izvoru i gornjem toku potoka Breitenbach, ali nikad kao trivoltinu, već samo kao univoltinu i bivoltinu. Emergira pretežito u proljeće, ljeto ili ranu jesen. Disney (1999) je emergenciju ove vrste zabilježio u razdoblju od 1. do 10. mjeseca. Kod nas je najranija emergencija zabilježena u 4. mjesecu, a najkasnija u 12. mjesecu na Gornjem toku Bijele rijeke. Omjer mužjaka i ženki varira između lokacija. Na Izvoru Bijele rijeke prevladavaju ženke u svim godinama. Na gornjem toku Bijele rijeke pronađeno je više mužjaka u 2007. godini, ali u razdoblju od 2008. do 2010. godine prevladavaju ženke, a emergencija i mužjaka i ženki kreće u isto vrijeme.

Vrsta *Dixa nebulosa* je bila dominantna vrsta samo na lokaciji Barijera Kozjak-Milanovac, ali jedinke su sakupljene i na drugim lokacijama. Na svim lokacijama je univoltina, te emergira pretežito u proljeće i ljeto, s najranijom emergencijom u 5. mjesecu, najkasnijom u 10. i vrhuncima emergencije u 7. i 8. mjesecu. Na potoku Breitenbach *D. nebulosa* je bila bivoltina i trivoltina (Wagner 2011). Treba napomenuti da su na Breitenbachu svi uzorci sakupljeni na izvoru i gornjem toku, dok je kod nas ova vrsta prevladavala na sedrenoj barijeri. Na izvorima nije nađena ni jedna jedinka, a na gornjem toku Crne rijeke samo jedna. Disney (1999) je zabilježio prevlast ženki u kasnijim ljetnim mjesecima. Slična pojava je vidljiva i kod nas, pogotovo u 2007., 2008. i 2011. godini, kad ženke prevladavaju kasnije u emergenciji. Također kod ove vrste vidimo da mužjaci započinju emergenciju prvi, što je najčešće slučaj kod većine vodenih kukaca (Sweeney 1984).

Vrsta *Dixa maculata* je relativno rijetka vrsta. Jedinke su sakupljene na gornjem toku Bijele i Crne rijeke i na sve tri barijere. Disney (1999) je također opisao vrstu *D. maculata* kao rijetku, s periodom emergencije od 1. do 3. te od 5. do 10. mjeseca. Kod nas vrsta *D. maculata* nije nađena ranije od 3. mjeseca, ali je zato nađena u 11. mjesecu na gornjem toku Bijele rijeke. Na svim lokacijama bila je univoltina. Za razliku na rijeci Gidra u Slovačkoj *D. maculata* je dominantna vrsta iz porodice Dixidae (Bulankova 2003).

Ne možemo ništa zaključiti o fenologiji vrste *Dixa nubilipennis* jer je nađena samo jedna jedinka. Vrsta je prije zabilježena na sedrenoj barijeri Roški slap u Nacionalnom parku Krka, ali također s malim brojem primjeraka (Ivković i sur. 2015a), dok je u Velikoj Britaniji druga najučestalija vrsta (Disney 1999).

Temperatura vode je najvažniji fizikalno-kemijski čimbenik i znatno utječe na sastav i strukturu zajednice porodice Dixidae. Ona utječe na rast i kontrolira endokrini sustav kukaca, koji dalje određuje konačnu veličinu i reproduktivni kapacitet odraslih jedinki (Sweeney i Vannote 1981). Vodeni kukci su ektotermni te vanjska temperatura upravlja rastom i metabolizmom (Clifford 1991), a Hogg i Williams (1996) ističu da već male promjene u temperaturi mogu uzrokovati velike promjene u stopi rasta, veličini odraslih te utjecati na pojavu odraslih jedinki. Srednja mjesečna temperatura zraka, a time i vode u proljetnim mjesecima 2007. godine je bila nešto viša nego li je to bila u istim mjesecima 2008. godine. Za razliku od proljeća, temperatura vode u jesenskim mjesecima je bila niža u 2007. godini, u odnosu na jesenske mjesece 2008. godine. Temperatura vode je manje-više stalna tijekom cijele

godine na izvorima i na izvorišnom području. Tako na gornjem toku Crne rijeke emergencija vrste *Dixa submaculata* započinje u 4. mjesecu u 2007. godini, a u 2008. godini u 5. mjesecu.

Na barijeri Labudovac i barijeri Kozjak-Milanovac 2007. godina je i dalje najtoplija, a 2010. najhladnija. Uspoređujući prosječnu temperaturu od 10. do 3. mjeseca naredne godine, vidimo da su jesen i zima 2013. i 2014. godine bili najtopliji u razdoblju istraživanja, što bi moglo objasniti veliku emergenciju u proljetnim i ljetnim mjesecima 2014. godine. Temperatura ima najveći utjecaj na početak emergencije (Hogg i Williams 1996), stoga emergencija započinje ranije u 2007. godini, koja je bila prosječno toplija, dok u hladnijoj 2014. godini kreće kasnije. Na izvorima, gdje je temperatura stalna, neki drugi ekološki čimbenik može biti okidač za početak emergencije, primjerice fotoperiod. Fotoperiod ima značajan utjecaj na emergenciju kukaca, osobito izvorskih (Hynes 1972, 1976, Ivković i sur. 2013).

Za razliku od temperature vode koja ima znatan utjecaj na razvoj i emergenciju porodice Dixidae, protok vode ima veći utjecaj na abundanciju i promjene u sastavu zajednica vodenih kukaca (Drake 1985, Wagner i Gathmann 1996, Smith i Wood 2002, Wagner i Schmidt 2004) pa tako i porodice Dixidae. Emergencija je općenito obilnija u toplim ljetnim mjesecima kad je protok vode niži, ali je viša u godinama kad je protok vode bio prosječno viši. Tijekom nižeg protoka je manji drift koji tada ne utječe toliko na otplavlivanje organskog materijala i samih ličinki porodice Dixidae. Na barijeri Labudovac emergencija je najmanja u 2011. i 2012. godini, kad je protok vode bio jako nizak tijekom cijele godine, a najveća u 2013. i 2014. godini kad je protok visok. Barijera Labudovac je razgranata, što smanjuje udar vodenog vala, koji i dalje donosi hranjive čestice. Zbog toga na barijeri Labudovac veći protok može imati pozitivan utjecaj na emergenciju. Na Barijeri Kozjak-Milanovac emergencija je također manja u 2011. i 2012. godini kad je protok bio niži, ali i u 2013. godini kad je protok bio jako visok. S druge strane, emergencija je bila najveća u 2014. godini kad je protok vode također bio viši od prosječnog. Objašnjenje bi moglo biti u činjenici da veći protok donosi više hranjivih čestica kojima se ličinke porodice Dixidae hrane i da pojačava njihov drift u same emergencijske klopke.

5. 3. Utjecaj fizikalno-kemijskih čimbenika na sastav zajednice porodice Dixidae i utjecaj mikrostaništa na njihovu brojnost

Analiza glavnih komponenata nam pokazuje da različite vrste imaju sklonost prema staništima s različitim fizikalno-kemijskim čimbenicima. Tako vrste *Dixa nebulosa* i *Dixa puberula* teže staništima s višim temperaturama i višim pH i te vrste pretežito nalazimo na barijerama i nizvodnim lokacijama. Vrste *Dixa submaculata* i *Dixa maculata* traže staništa sa stalnom temperaturom vode, većom elektroprovodljivošću i većim alkalinitetom te ih stoga nalazimo pretežno na izvorima i gornjim tokovima i na Donjem toku Crne rijeke.

Vodeni kukci su skloni različitim mikrostaništima, ali općenito najveća brojnost ličinki je na supstratima poput mahovine, makrovegetacije te ostalim supstratima gdje ima organskih ostataka (Lillehammer 1966, Minshall i Minshall 1977, Minshall 1984). Znatno je manja brojnost ličinki na tzv. „golim supstratima“, poput kamenja i pijeska (Minshall 1984). U ovom istraživanju vrsta *Dixa puberula* je najviše bila sklona mahovinama. Tom istom supstratu na istim lokacijama bili su skloni i predstavnici dvokriliških porodica Empididae, Simuliidae i Athericidae (Thomas 1977, Ivković i sur. 2012, Čmrlec i sur. 2013). Disney (1999) je zabilježio da je vrsta *Dixa puberula* najčešće nađena u kamenitim rječicama, ali i na mahovini i vodenoj vegetaciji. Objašnjenje bi moglo biti u načinu života ličinke jer one borave na tankoj granici vode i zraka gdje se hrane organskim česticama. Mahovine su idealna podloga za koju se mogu potencijalno pridržavati da ih ne otplavi tok vode i gdje se mogu skrivati od predatora (Nolte 1991, Ivković i sur. 2007). Vrsta *Dixa puberula* također pokazuje pozitivnu korelaciju s bržim tokom vode, vjerojatno jer brži tok donosi više hranjivih čestica u jedinici vremena, kao što je Berg (1995) zaključio za porodicu Chironomidae, a Feld i sur. (2002) za porodicu Simuliidae. Ostale vrste porodice Dixidae ne pokazuju statistički značajnu sklonost prema mikrostaništu što potvrđuju Čmrlec i sur. (2013) i Popperl (1999).

6 ZAKLJUČAK

Nakon osmogodišnjeg istraživanja provedenog od 2007. do kraja 2014. godine, te nakon pregledavanja uzoraka i determinacije možemo zaključiti sljedeće:

- Vrste *Dixa maculata* i *Dixa submaculata* su prvi put zabilježene u Hrvatskoj.
- Na postaji Gornji tok Crne rijeke zabilježen je najveći broj vrsta porodice Dixidae, a na lokaciji Barijera Kozjak Milanovac najveća raznolikost. Najveća brojnost jedinki porodice Dixidae zabilježena je na postaji Barijera Labudovac s dominantnom vrstom *Dixa puberula* u ukupnom ulovu.
- Univoltine vrste u ovom istraživanju su: *Dixa nebulosa* i *Dixa maculata*, dok *Dixa puberula* i *Dixa submaculata* mogu biti univoltine, bivoltine ili trivoltine ovisno o lokaciji i godini.
- Glavni ekološki čimbenik koji utječe na fenologiju vrsta porodice Dixidae na barijerama i nizvodnim lokacijama je temperatura vode, dok na izvorišnim područjima temperatura nije toliko značajna. Temperatura vode značajno utječe na početak i duljinu trajanja emergencije porodice Dixidae. Viša temperatura vode uzrokuje raniju emergenciju i emergencija dulje traje privišim temperaturama. Najveća brojnost jedinki je u kasno proljeće i ljeto kada je i temperatura vode najviša.
- Protok vode utječe na veličinu i sastav zajednice porodice Dixidae. Protok vode može pozitivno i negativno utjecati na brojnost vrsta porodice Dixidae. Većinom na svim istraživanim postajama je veća brojnost za vrijeme nižeg protoka vode, ali na barijerama može uzrokovati i povećanje brojnosti jedinka.
- Kod vrste *Dixa puberula* omjer spolova je ujednačen i emergencija im započinje istodobno, kod vrste *Dixa submaculata* omjer mužjaka i ženki varira između lokacija, ali emergencija im započinje u isto vrijeme, a kod vrste *Dixa nebulosa* mužjaci emergiraju prvi.
- Prisutnost vrsta na pojedinim postajama rezultat je sklonosti vrsta prema određenim ekološkim čimbenicima koji vladaju na tim postajama, a to su prvenstveno temperatura vode, elektroprovodljivost i alkalinitet.
- *Dixa puberula* je pokazala sklonost prema bržem protoku vode i mahovini kao mikrostaništu.

7 LITERATURA

- Berg M. B. (1995): Larval food and feeding behavior. U: Armitage P. D., Cranston P. S., Pinder L. C. V. (ur.) *The Chironomidae The biology and ecology of non-biting midges*. Chapman & Hall, London, UK, str. 136-168.
- Božičević J. (1998): Zemljopisni položaj i značenje jezera u prostoru Hrvatske. U: Njavro M., Božičević S. (ur.) *Nacionalni park Plitvička jezera. Prirodoslovni turistički vodič*, Turistička naklada i Nacionalni park Plitvička jezera, Zagreb, Hrvatska, str. 10-40.
- Braak C. J. F., Smilauer P. (2012): *Canoco reference manual and user's guide: software for ordination (version 5.0)*. Ithaca, NY, USA.
- Bulankova E. (2003): Communities of Diptera (Excl. Chironomidae and Simuliidae) of the Gidra river basin. *Acta Zoologica Universitatis Comenianae* **45**: 85-94.
- Clarke K. R., Gorley R. N. (2006): *PRIMER V6: User Manual/Tutorial*. Primer-E, Plymouth.
- Clifford H. F. (1991): *Aquatic invertebrates of Alberta: An illustrated guide*. University of Alberta Press, Edmonton, Alberta, Canada.
- Corbet P. S. (1964): Temporal Patterns of Emergence in Aquatic Insects. *The Canadian Entomologist* **96**: 264-279.
- Čmrlec K., Ivković M., Šemnički P., Mihaljević Z. (2013): Emergence phenology and microhabitat distribution of aquatic diptera community at the outlets of barrage lakes: effect of temperature, substrate and current velocity. *Polish journal of ecology* **60**: 135-144.
- Davies I. J. (1984): Sampling aquatic insect emergence. U: Downing J. A., Rigler F. H. (ur.) *A manual on methods for the assessment of secondary productivity in fresh waters*. Blackwell scientific publications, Oxford, UK, str. 161-227.
- Disney R. H. L. (1999): *British Dixidae (Meniscus midges) and Thaumaleidae (Trickle midges): Keys with ecological notes*. Freshwater biological association, scientific publication No. 56, Ambleside, UK.
- Drake C. M. (1985): Emergence patterns of Diptera in a chalk stream. *Aquatic Insects* **7**: 97-109.
- Đurek Z. (2000): *Plitvička jezera: nacionalni park: vodič*. Ekološki glasnik, Donja Lomnica.

- Feld C. K., Kiel E., Lautenschläger M. (2002): The indication of morphological degradation of streams and rivers using Simuliidae. *Limnologica* **32**: 273-288.
- Goldie-Smith E. K., Thorpe J. R. (1989): The Eggs of *Dixella obscura* Loew, *D. attica* Pandazis and *Dixa nubilipennis* Curtis (Diptera: Dixidae). *Dipterists digest* **3**: 2-38.
- Goldie-Smith E. K., Thorpe J. R. (1991): Eggs of British meniscus midges (Diptera: Dixidae) observed by scanning electron microscopy. *Freshwater Forum* **3**: 215-224.
- Habdija I., Primc-Habdija B., Matoničkin R., Kučinić M., Radanović I., Miliša M., Mihaljević Z. (2004): Current velocity and food supply as factors affecting the composition of macroinvertebrates in bryophyte habitats in karst running water. *Biologia* **59**: 577-593.
- Hogg I. D., Williams D. D. (1996): Response of stream invertebrates to a global-warming thermal regime: an ecosystem-level manipulation. *Ecology* **77**: 395-407.
- Horvatinčić N., Brianso J. L., Obelić B., Barešić J., Krajcar Bronić I. (2006): Study of pollution of the Plitvice lakes by water and sediment analyses. *Water Air and Soil Pollution. Focus* **6**: 475-485.
- Hynes H. B. N. (1976): Biology of Plecoptera. *Annual Review of Entomology* **21**: 135-153.
- Hynes H. B. N. (1972): *The Ecology of Running Waters*. Liverpool University Press, Liverpool, UK.
- Illies J. (1971): Emergenz 1969 im Breitenbach. *Archiv für Hydrobiologie* **69**: 14-59.
- Ivković M., Matoničkin Kepčija R., Mihaljević Z., Horvat B. (2007): Assemblage composition and ecological features of aquatic dance flies (Diptera, Empididae) in the Cetina River system, Croatia. *Fundamental and Applied Limnology* **170**: 223-232.
- Ivković M., Mičetić Stanković V., Mihaljević Z. (2012): Emergence patterns and microhabitat preference of aquatic dance flies (Empididae; Clinocerinae and Hemerodromiinae) on a longitudinal gradient of barrage lake system. *Limnologica* **42**: 43-49.
- Ivković M., Miliša M., Previšić A., Popijač A., Mihaljević Z. (2013): Environmental control of emergence patterns: Case study of changes in hourly and daily emergence of aquatic insects at constant and variable water temperatures. *International Review of Hydrobiology* **98**: 104-115.

- Ivković M., Kesić M., Mihaljević Z., Kúdela M. (2014): Emergence patterns and ecological association of some hematophagous black flies along an oligotrophic hydrosystem. *Medical and Veterinary Entomology* **28**: 94-102.
- Ivković M., Pont A. C., Kvifte G. M., Mihaljević Z. (2015a): Emergenzijske značajke vodenih dvokrilaca (Insecta, Diptera) sedrenih barijera NP Krka. Znanstveno-stručni skup Vizija i izazovi upravljanja zaštićenim područjima prirode u Republici Hrvatskoj: aktivna zaštita i održivo upravljanje u Nacionalnom parku 'Krka', Šibenik, Hrvatska.
- Ivković M., Miliša M., Baranov V., Mihaljević Z. (2015b): Environmental drivers of biotic traits and phenology patterns of Diptera assemblages in karst springs: The role of canopy uncovered. *Limnologia* **54**: 44-57.
- Jonušaitė V., Būda V. (2002): Diurnal Rhythm of adult emergence in five black fly species (Diptera, Simuliidae). *Acta Zoologica Lituanica* **2**: 138-143.
- Lillehammer A. (1966): Bottom fauna investigations in a Norwegian river: the influence of ecological factors. *Nytt Magasin for Zoologi* **13**: 10-29.
- Makjanić B. (1958): Prilog klimatografiji Plitvičkih jezera. Nacionalni parkovi Hrvatske - Plitvička jezera. Poljoprivredni nakladni zavod, Zagreb, Hrvatska, str. 357-390.
- Makjanić B. (1971/1972): O klimi užeg područja Plitvičkih Jezera. *Geografski glasnik* **33/34**: 5-24.
- Miliša M., Belančić A., Matoničkin Kepčija R., Sertić-Perić M., Ostojić A., Habdija I. (2010): Calcite deposition in karst waters is promoted by leaf litter breakdown and vice versa. *International Journal of Limnology* **46**: 225-232.
- Minshall G. W. (1984): Aquatic Insect-substratum relationship. U: Resh V. H., Rosenberg D. M. (ur.) *The ecology of Aquatic insects*. Praeger Scientific, New York, USA, str. 358-400.
- Minshall G. W., Minshall J. N. (1977): Microdistribution of benthic invertebrates in a Rocky Mountain (U.S.A.) stream. *Hydrobiologia* **55**: 231-249.
- Nilsson A. (1997): *Aquatic Insects of North Europe: A Taxonomic Handbook, Vol. 2, Odonata, Diptera*. Apollo Books, Stenstrup.
- Nolte U. (1991): Seasonal dynamics of moss-dwelling chironomid communities. *Hydrobiologia* **222**: 197-211.

- Obelić B., Horvatinčić N., Barešić J., Briansó J. L., Babinka S., Suckow A. (2005): Antropogenic pollution in karst lake sediments (Croatia). Proceedings of 1st International Symposium on Travertine, September 21-25, Denizli, Turkey, str. 188-195.
- Oboňa J., Manko P., Matúšová Z., Novikmec M., Svitok M. (2015): Interesting faunistic records of meniscus midges (Diptera: Dixidae) from Slovakia. *Acta Musei Silesiae Scientiae Naturales* **64**: 11-16.
- Pape T., Blagoderov V., Mostovski M. B. (2011): Order Diptera Linnaeus, 1758. U: Zhang Z. (ur.) *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. Zootaxa 3148, Magnolia Press, str. 222-229.
- Pape T., Beuk P. (2012): *Fauna Europaea*. Dostupno sa: <http://www.faunaeur.org> (pristupljeno 13. ožujka 2017).
- Pawłowski J., Szadziewski R., Kmiecik D., Fahrni J., Bittar G. (1996): Phylogeny of the infraorder Culicomorpha (Diptera: Nematocera) based on 28S gene sequences. *Systematic entomology* **21**: 167-178.
- Pielou E. C. (1966): The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology* **13**: 131-144.
- Poepperl R. (2000): Benthic secondary production and biomass of insects emerging from a northern German temperate stream. *Freshwater Biology* **44**: 199-211.
- Poepperl R. (1999): Emergence pattern of Diptera in Various Sections of a Northern German Lowland Stream. *Limnologica* **29**: 128-136.
- Poje D. (1989): Pregled klimatskih karakteristika Nacionalnog parka Plitvička jezera. *Plitvički Bilten* **2**: 87-99.
- Riđanović J. (1994): Geografski smještaj (položaj) i hidrogeografske značajke Plitvičkih jezera. U: *Plitvička jezera- nacionalno dobro Hrvatske, svjetska baština: znanstveni skup*. Uprava nacionalnog parka Plitvička jezera, Zagreb, Hrvatska, str. 29-42.
- Riđanović J. (1989): Prvi rezultati suvremenih hidroloških mjerenja na Plitvičkim jezerima. *Geografski glasnik* **51**: 129-135.

- Roglić J. (1974): Morfološke posebnosti Nacionalnog parka Plitvička jezera. U: Gušić B., Marković M. (ur.) Plitvička jezera - čovjek i priroda. Nacionalni park Plitvice, Zagreb, Hrvatska, str. 5-22.
- Shannon C. (1948): A Mathematical Theory of Communication. The Bell System Technical Journal **27**: 379-423, 623-656.
- Shtakel'berg A. A. (1989): Family Dixidae. U: Brill E. J. (ur.) Keys to the Insects of the European Part of the USSR, Volume V, Diptera and Siphonaptera. Amerind publishing Co. Pvt. Ltd., New Delhi, str. 209-215.
- Simpson E. H. (1949): Measurement of diversity. Nature **163**: 688.
- Smith H., Wood P. J. (2002): Flow permanence and macroinvertebrate community variability in limestone spring systems. Hydrobiologia **487**: 45-58.
- Srdoč D., Horvatinčić N., Obelić B., Krajcar I., Sliepčević A. (1985): Procesi taloženja kalcita u krškim vodama s posebnim osvrtom na Plitvička jezera. Carsus Jugoslaviae **11**: 101-204.
- Stat Soft Inc. (2010): Statistica (data analysis software system) (Version 10.0). Tulsa, USA.
- Stilinović B., Božićević S. (1998): The Plitvice Lakes. European Water Management **1**: 15-24.
- Sweeney B. H. (1984): Factors influencing life-history patterns of aquatic insects. U: Resh V. H., Rosenberg D. M. (ur.) The ecology of Aquatic insects. Praeger Scientific, New York, USA, str. 56-100.
- Sweeney B. W., Vannote R. L. (1981): Ephemerella mayflies of White Clay Creek: bioenergetic and ecological relationship among six coexisting species. Ecology **62**: 1353-1369.
- Ševčík J. (2011): Anisopodidae and Dixidae (Diptera) of the Gemer region, with a new record for Slovakia. Časopis Slezského zemského muzea. Série A, Vědy přírodní **60**: 181-184.
- Špoljar M., Primc-Habdija B., Habdija I. (2007): Transport of seston in the karstic hydrosystem of the Plitvice Lakes (Croatia). Hydrobiologia **579**: 199-209.
- Tauber M. J., Tauber C. A. (1975): Natural daylengths regulate insect seasonality by two mechanisms. Nature **258**: 711-712.

- Thomas A. G. B. (1997): Rhagionidae and Athericidae, Snipe-flies. U: Nilsson A. (ur.) Aquatic Insects of North Europe, Vol. 2, Odonata-Diptera. Apollo Books, Stenstrup, Denmark, str. 311-320.
- Wagner R., Gathmann O. (1996): Long-term studies on aquatic Dance Flies (Diptera, Empididae) 1983-1993: Distribution and size patterns along the stream, abundance changes between years and the influence of environmental factors on the community. Archiv für Hydrobiologie **137**: 385-410.
- Wagner R. (1997): Diptera Dixidae, Meniscus flies. U: Nilsson A. (ur.) Aquatic Insects of North Europe, A taxonomic Handbook, Vol. 2. Apollo Books, Stenstrup, Denmark, str. 145-148.
- Wagner R., Schmidt H. (2004): Yearly discharge patterns determine species abundance and community diversity; Analysis of a 25 year record from the Breitenbach. Archiv für Hydrobiologie **161**: 511-540.
- Wagner R., Marxsen J., Zwick P., Coc E. J. (2011): Central European Stream Ecosystems. Wiley-VCH Verlag & Co. KGaA, Weinheim, Germany.
- Wagner R., Barták M., Borkent A., Courtney G., Goddeeris B., Haenni J-P., Knutson L., Pont A., Rotheray G. E., Rozkošný R., Sinclair B., Woodley N., Zlatwornicki T., Zwick P. (2008): Global diversity of dipteran families (Insecta Diptera) in freshwater (excluding Simuliidae, Culicidae, Chironomidae, Tipulidae and Tabanidae). Hydrobiologia **595**: 489-519.
- Zwicker G., Rubinić J. (2005): Water Level Fluctuation as an Indicator of Tufa Barrier Growth Dynamics in the Plitvice Lakes. RMZ-Materials and Geoenvironment **52**: 161-163.

Lara Ivanković rođena je 02. travnja 1993. godine u Splitu, a 2005. godine preselila se u Zagreb gdje je završila osnovnoškolsko i srednjoškolsko obrazovanje. Maturirala je 2012. godine u Prirodoslovno-matematičkoj gimnaziji Zagreb (V. gimnazija), nakon čega upisuje preddiplomski studij biologije na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Preddiplomski studij završava 2015. godine predajom završnog rada pod naslovom „Pozitivne i negativne strane restauracije slatkovodnih ekosustava“ pod vodstvom izv. prof. dr. sc. Marie Špoljar, te upisuje diplomski studij Ekologije i zaštite prirode, modul kopnene vode. Od veljače do srpnja 2015. godine volontira u Zoološkom vrtu grada Zagreba, a u proljeće te godine volontira u Botaničkom vrtu PMF-a. U sklopu nastave stručne prakse zajedno s kolegicama provodi istraživanje na temu određivanja najpogodnijih uvjeta za raznožavanje zelene (*Hydra viridissima*) i smeđe hidre (*Hydra oligactis*) pod vodstvom prof. dr. sc. Gorana Kovačevića. Rezultate istraživanja izlaže u plakatnom obliku na godišnjem sastanku Hrvatskog mikroskopijskog društva koje se održalo u Rijeci 27. studenog 2015. godine, pod naslovom „Determining the most favorable conditions for breeding of green (*Hydra viridissima*) and brown hydra (*Hydra oligactis*)“. U siječnju 2016. godine sudjeluje u internacionalnom tečaju zimske ekologije (Winter Ecology Course) na sveučilištu Lomonosov u Moskvi. U veljači 2017. godine usmeno izlaže rad na 2. Simpoziju o biologiji slatkih voda (SOBS), pod naslovom „Phenology patterns and microhabitat preference of Dixidae (Diptera) on a longitudinal gradient of barrage lake system“ pod vodstvom doc. dr. sc. Marije Ivković. U razdoblju od 01. srpnja do 30. rujna 2017. godine sudjeluje na Erasmus stručnoj praksi u Irskoj, University College Cork, na znanstvenom istraživanju o utjecaju mliječne industrije na kvalitetu lokalnih tekućica.