

Promjene zajednica rakova u rijeci Dravi na dijelu toka od Preloga do Legrada

Šarec, Marija

Master's thesis / Diplomski rad

2021

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zadar / Sveučilište u Zadru**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:162:776197>

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

Download date / Datum preuzimanja: **2025-02-02**



Sveučilište u Zadru
Universitas Studiorum
Jadertina | 1396 | 2002 |

Repository / Repozitorij:

[University of Zadar Institutional Repository](#)



Sveučilište u Zadru

Odjel za nastavničke studije u Gospiću
Integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij za učitelje

Marija Šarec

**Promjene zajednica rakova u rijeci Dravi na dijelu
toka od Preloga do Legrada**

Diplomski rad

Gospić, 2021.

Sveučilište u Zadru

Odjel za nastavničke studije u Gospiću
Integrirani preddiplomski i diplomski sveučilišni studij za učitelje

Promjene zajednica rakova u rijeci Dravi na dijelu toka od
Preloga do Legrada

Diplomski rad

Studentica:

Marija Šarec

Mentor:

izv.prof.dr.sc. Krešimir Žganec

Gospić, 2021.



Izjava o akademskoj čestitosti

Ja, **Marija Šarec**, ovime izjavljujem da je moj **diplomski** rad pod naslovom **Promjene zajednica rakova u rijeci Dravi na dijelu toka od Preloga do Legrada** rezultat mojega vlastitog rada, da se temelji na mojim istraživanjima te da se oslanja na izvore i radove navedene u bilješkama i popisu literature. Ni jedan dio mojega rada nije napisan na nedopušten način, odnosno nije prepisan iz necitiranih radova i ne krši bilo čija autorska prava.

Izjavljujem da ni jedan dio ovoga rada nije iskorišten u kojem drugom radu pri bilo kojoj drugoj visokoškolskoj, znanstvenoj, obrazovnoj ili inoj ustanovi.

Sadržaj mojega rada u potpunosti odgovara sadržaju obranjenoga i nakon obrane uređenoga rada.

Gospić, 24. lipnja 2021.

ZAHVALA

Prije svega zahvaljujem mentoru izv. prof. dr. sc. Krešimiru Žganecu na ukazanoj stručnoj pomoći i savjetima tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem i svim profesorima Odjela za nastavničke studije u Gospiću koji su davali sve od sebe kako bi nas podučili svemu što nam je potrebno za daljnji rad, ponajprije zajedništvu, humanosti i kooperaciji.

Zahvaljujem roditeljima koji su mi pružali nesebičnu ljubav i potporu tijekom cijelog školovanja, kao i svojoj boljoj polovici koji je uvijek bio uz mene i moj vjetar u leđa.

Također zahvaljujem i svojim kolegama koji su mi uljepšali studentske dane, bez kojih studij ne bi bio zabavan, nezaboravan i lak.

SAŽETAK

Promjene zajednica rakova u rijeci Dravi na dijelu toka od Preloga do Legrada

Invazivne vrste jedan su od najvažnijih uzroka smanjivanja bioraznolikosti u slatkovodnim ekosustavima. Ovo istraživanje provedeno je radi određivanja utjecaja invazivnog rakušca *Dikerogammarus villosus* na autohtone vrste rakova na dijelu toka rijeke Drave od Preloga do Legrada tijekom pet godina u razdoblju od 2011.-2019. godine. Istraživanjem prostornih i vremenskih promjena bentoskih zajednica rakova u rijeci Dravi nastojao se odrediti utjecaj širenja ovog invazivnog rakušca na naše autohtone vrste rakova. Terensko istraživanje provedeno je na 27 postaja koje su razmještene na dijelu toka od gornjeg kraja akumulacije Dubrava i brane HE Dubrava kod Preloga do ušća rijeke Mure kod Legrada. Kvalitativni uzorci makrozoobentosa prikupljeni su pomoću ručne bentos mrežice na svim dostupnim mikrostaništima, a uzorci su pohranjeni u 70 % etanolu. Nakon laboratorijske obrade uzoraka i određivanja jedinki do vrste, rezultati su analizirani korištenjem grafičkih i prostornih analiza i prikaza. Zabilježene su četiri autohtone vrste i jedna strana invazivna vrsta rakušaca (red Amphipoda): autohtone - *Gammarus fossarum*, *Gammarus roeselii*, *Synurella ambulans* i *Niphargus* sp., invazivna vrsta *Dikerogammarus villosus* te jedna autohtona vrsta jednakonožnog raka (reda Isopoda) – *Asellus aquaticus*. U glavnom toku Drave *D. villosus* je gotovo potpuno istisnuo sve istraživane autohtone vrste dok ih na starom toku rijeke Drave (nizvodno brane i akumulacije hidroelektrane Dubrava) nije istisnuo već najmanje osam godina koegzistira s četiri autohtone vrste rakova. Rakušac *D. villosus* u ovom razdoblju nije uspio naseliti donje dijelove toka rijeke Bednje i Plitvice, iako je bio prisutan u Staroj Dravi na ušću ove dvije rijeke. Ne očekuje se da će *D. villosus* uspjeti u potpunosti istisnuti autohtone vrste rakova u starom toku rijeke Drave nizvodno od akumulacije Dubrava. Vjerojatno su velika raznolikost mikrostaništa i ekoloških uvjeta glavni razlozi koji omogućuju koegzistenciju autohtonih vrsta rakova s invazivnim rakušcem *D. villosus* u ovom dijelu toka rijeke Drave.

Ključne riječi: invazivni rakušci, *Dikerogammarus villosus*, rijeka Drava, širenje, utjecaj

SUMMARY

Changes of crustacean assemblages in the Drava River reach between Prelog and Legrad

Invasive species are one of the most important causes of biodiversity decline in freshwater ecosystems. This research was conducted to determine the influence of the invasive crustacean species *Dikerogrammarus villosus* on native crustacean species in the reach of the Drava river between Prelog and Legrad during five years in the period 2011 to 2019. This study aimed to examine the distribution and effect of *Dikerogrammarus villosus* expansion on native crustacean species. The field study was carried out at 27 sites between the upper end of the Dubrava Reservoir and its dam on the Drava River to the confluence of the Mura River. Qualitative samples of macrozoobenthos were collected with a benthic hand net on all available microhabitats and stored in 70% ethanol. After a laboratory analysis and the identification of crustacean samples to the species level, the results were analysed using graphic and spatial analyses. Four native and one alien invasive amphipod species were recorded (native: *Gammarus fossarum*, *Gammarus roeselii*, *Synurella ambulans*, and *Niphargus sp.*; alien: *Dikerogrammarus villosus*), as well as one native isopod (*Asellus aquaticus*). In the main course of the Drava River, *D. villosus* has almost entirely replaced native species recorded in this study, while in the old course of Drava River (downstream dam of hydroelectric power plant Dubrava), *D. villosus* coexist with native species. During the study period, *D. villosus* has not spread into lower parts of the Bednja and Plitvica Rivers, although it was found at the confluences of these two tributaries in the Stara Drava. It is not expected that *D. villosus* will succeed in replacing native crustaceans in the Old Drava course downstream from the Dubrava dam. Microhabitat diversity and the diverse ecological conditions in the Old Drava may be the key factors that enable the coexistence of the native crustaceans with invasive *D. villosus* in this part of the Drava river.

Key words: invasive Amphipoda, *Dikerogrammarus villosus*, Drava river, expansion, influence

SADRŽAJ

| | |
|--|----|
| 1. UVOD | 1 |
| 1.1. Invazivne vrste u slatkovodnim ekosustavima | 3 |
| 1.2. Invazivne vrste beskralježnjaka u slatkovodnim ekosustavima | 4 |
| 1.3. Invazivne vrste rakušaca u Europi | 8 |
| 1.4. Invazivne vrste rakušaca u Hrvatskoj | 12 |
| 1.4.1. Utjecaj invazivnih na autohtone vrste rakušaca | 13 |
| 2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA | 15 |
| 3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA | 16 |
| 3.1. Opća obilježja rijeke Drave | 16 |
| 3.2. Stari tok rijeke Drave | 16 |
| 4. MATERIJALI I METODE | 20 |
| 4.1. Uzorkovanje beskralježnjaka (terensko istraživanje) | 20 |
| 4.2. Obrada uzoraka beskralježnjaka (laboratorijsko istraživanje) | 21 |
| 5. REZULTATI | 22 |
| 5.1. Sastav zajednica rakova na istraživanim postajama u 2011. godini | 23 |
| 5.2. Sastav zajednica rakova na istraživanim postajama u 2014. godini | 25 |
| 5.3. Sastav zajednica rakova na istraživanim postajama u 2016. godini | 27 |
| 5.4. Sastav zajednica rakova na istraživanim postajama u 2018. godini | 29 |
| 5.5. Sastav zajednica rakova na istraživanim postajama u 2019. godini | 31 |
| 5.6. Usporedba sastava zajednica na postajama gdje je istraživanje provedeno tijekom nekoliko godina | 33 |
| 6. RASPRAVA | 42 |
| 7. ZAKLJUČAK | 48 |
| 8. POPIS LITERATURE | 49 |
| 9. PRILOZI | 57 |

1. UVOD

Rijeke nisu samo korita ispunjena vodom. One obiluju životom, specifičnom florom i faunom, a važne su i jer hranjivim tvarima obogaćuju tlo u svojoj poplavnoj ravnici. Kad su slatkovodni ekosustavi očuvani u dobrom ili prirodnom stanju, oni su mjesto brojnih dobrobiti za čovjeka kao što su npr. pitka voda, pročišćavanje otpadnih voda, hrana (ribe, rakovi i dr.), plovni putovi, no važni su i za rekreaciju i opuštanje te omogućavaju razvoj turizma. Ponekad nismo ni svjesni svega što nam rijeke, jezera i močvare pružaju. Ali, u njima postoji i jedan, možda i premalo istražen aspekt koji je zainteresirao brojne znanstvenike, a to je odnos između zavičajnih (domaćih ili autohtonih) i stranih (alohtonih) vrsta, pri čemu, na žalost često, agresivne i uspješne invazivne strane vrste istiskuju zavičajne vrste. Sve su to problemi nastali zbog čovjekovog globalnog utjecaja, najviše zbog globalne trgovine i nastojanja poboljšanja vlastite kvalitete života. Brojne vrste koje smo namjerno ili nenamjerno proširili izvan granica njihove prirodne rasprostranjenosti, tzv. *invazivne strane vrste*, često su uzrokovale brojne ekološke i ekonomske probleme te se smatraju jednim od najrasprostranjenijih i ekološki najštetnijih učinaka ljudskih aktivnosti (Ricciardi i Rasmussen, 1998:1759).

U sklopu ovog rada važni su, dakle, pojmovi: strane, invazivne, alohtone i autohtone vrste, no potrebno je razjasniti razliku između tih pojmova. Vrste koje se nalaze izvan svog prirodnog područja rasprostranjenosti u svim svojim oblicima; uključujući sve razvojne stadije, gamete, sjeme, jajašca ili propagule tih vrsta, kao i sve hibride, sorte ili pasmine koje su sposobne preživjeti i dalje se razmnožavati nazivaju se strane ili alohtone vrste (European Commission, 2014). Izvan svojeg područja rasprostranjenosti najčešće su prenesene uslijed različitih ljudskih aktivnosti, namjernim ili slučajnim unosom u nova područja. Suprotno tome, autohtone vrste (izvorne, zavičajne, ili nativne) su vrste koje na nekom području prirodno obitavaju bez ljudskog posredovanja (Lucić, Lajtner i Hudina, 2009:56; Kolarić i Rojko, 2015:1). Invazivnim vrstama smatraju se strane vrste koje će se u pridošlom području razmnožavati bez smetnje te prilikom svog širenja mogu na razne načine mijenjati ekosustav tog područja najčešće tako da smanjuju ili potpuno potiskuju populacije zavičajnih vrsta, a često uzrokuju ekonomske štete te mogu i negativno utjecati na zdravlje čovjeka (Pyšek, Richardson, Pergl, Jarosik, Sixtová i Weber, 2008; Havel, Kovalenko, Thomaz, Amalfitano i Kats, 2015). Zbog izazivanja smanjenja kvalitete staništa ili potpune promjene staništa i zajednica koje naseljavaju, invazivne vrste su jedna od najvećih prijetnji biološkoj raznolikosti vodenog svijeta (Sala, Chapin, Arnesto, Berlow, Bloomfield, Dirzo, Huber-Sanwald, Huenneke, Jackson,

Kinzig, Leemans, Lodge, Mooney, Oesterheld, Poff, Sykes, Walker, B. H., Walker, M. i Wall, 2000; Strayer, 2010). Upravo zato od velike važnosti je da razumijemo kako se strane vrste unose u nova područja, kako se šire te na kraju i kako utječu na određeni vodeni ekosustav.

Budući da je invazija postupni proces možemo ju opisati kao niz specifičnih etapa. Lockwood, Hoopes i Marcetti (2007) su tako razlučili pet osnovnih faza u procesu invazije: 1) transport strane vrste 2) unos u novo područje, 3) uspostavljanje populacije strane vrste, 4) širenje i 5) utjecaj. Kad neka vrsta postane invazivna, ona može postati dominantna vrsta u zajednici te značajno promijeniti značajke staništa, a može uzrokovati i potpuno istrebljenje domaćih vrsta (Didham, Tylianakis, Hutchison, Ewers i Gemmill, 2005). Još jedna od osobina invazivnih vrsta je ta da promjene koje se događaju u ekosustavu, koje ne moraju nužno one pokrenuti, vrlo dobro znaju iskoristavati te se zahvaljujući tome šire u nova staništa u kojima opet postaju dominantne (Gurevitch i Padilla, 2004). Postoji i pravilo o preživljavanju stranih vrsta unesenih u novo područje koje je formulirao Williamson 1996. godine, a govori da će od 100 stranih vrsta koje dospjevaju na novo područje, samo 10% preživjeti u novoj okolini, dok od tih 10 jedna može postati invazivna i uzrokovati probleme (Williamson, 1996:33).

Vrste koje postanu invazivne negativno utječu na autohtone tako da smanjuju ili totalno iskorjenjuju populacije domaćih vrsta. One mogu prouzročiti nestanak zavičajnih vrsta izmjenom prehrambenih lanaca interspecijskim odnosima - parazitizmom, kompeticijom ili predatorstvom (Platvoet, Dick, MacNeil, van Reil i van der Velde, 2009). Također je poznato da brzo narastu u odrasle jedinke pa to povlači i veći broj generacija te visoku stopu reprodukcije (Statzner, Bonada i Doledec, 2007), a budući da imaju više jedinki u populaciji nego autohtone vrste, invazivne vrste se brže šire. Jedna od važnijih odlika su im mogućnost preživljavanja u raznim uvjetima kao i pri različitom salinitetu vode, ali i to što mogu iskoristavati vrlo raznolike izvore hrane (Grabowski, Bacela i Konopacka, 2007). Osim boljeg snalaženja neke ispuštaju i tvari koje potom mogu negativno djelovati na razvoj i sam rast ostalih vrsta, a negativno utječu i na zdravlje ljudi i životinja. Zna se da neke vrste uzrokuju alergije, druge prenose bolesti, treće pak prenose nametnike. Štete koje uzrokuju većinom su indirektna, a iste ljudi uočavaju tek kada su vrlo izražene pa se na taj način javljaju i veliki ekonomski gubici. Europska komisija svojim je istraživanjima procijenila da se u Europi na invazivne vrste potroši više od 12 milijardi eura u jednoj godini (Kolarić i Rojko, 2015:2).

Stoga se, nakon neposrednog uništavanja staništa, strane invazivne vrste smatraju drugim najvažnijim uzrokom gubljenja biološke raznolikosti na svjetskoj razini (Sušić i Radek, 2009:19). Zato u Hrvatskoj postoji zakon kojim se kontrolira i sprječava unošenje i širenje

takvih vrsta *Zakon o sprječavanju unošenja i širenja stranih te invazivnih stranih vrsta i upravljanju njima* koji je objavljen u Narodnim novinama 14.2.2018. godine. Strane vrste također se kontroliraju i unutar drugih pravnih propisa i zakona iz raznih sektora kao što su to propisi koji reguliraju lov i ribarstvo.

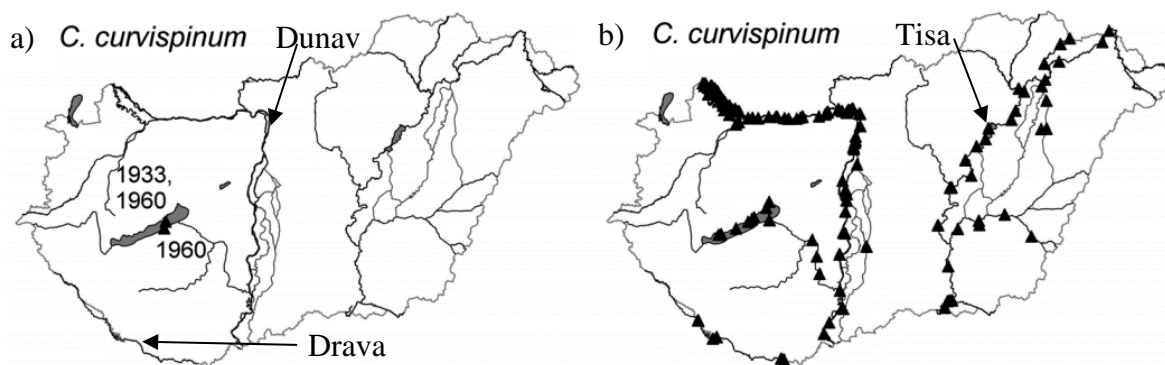
1.1. Invazivne vrste u slatkovodnim ekosustavima

Slatkovodni ekosustavi su se pokazali kao najviše podložni negativnom utjecaju invazivnih stranih vrsta. To se najviše očituje u jezerima gdje su te vrste glavni uzrok gubljenja bioraznolikosti čime se smanjuje sposobnost ekosustava za određene korisne usluge kao što je npr. pročišćavanje vode (Hudina, Lucić, Lajtner, Žganec i Gottstein, 2009:281). Invazivne vrste u borbi za preživljavanje mogu biti agresivni predatori, a neke su paraziti, neke pak uzrokuju probleme zbog hibridizacije s autohtonim vrstama, dok su neke važni prijenosnici raznih bolesti na koje su većinom imuni (Platvoet i sur. 2009, prema Mack i sur. 2000 te Manchester i Bullock 2000). Dakle, invazivne vrste često uzrokuju ogromne štete, a invazivnu stranu vrstu gotovo je nemoguće iskorijeniti jednom kad se na određenom mjestu proširila, pogotovo u vodi. Važno je vrlo rano otkrivanje takvih vrsta i provjera onih za koje se smatra da bi mogle postati opasne kako bi se hitnim mjerama zaustavilo širenje ili bi se uklonile takve vrste iz ekosustava. (URL 1.)

Ricciardi i Rasmussen (1998.) su napravili pregled najvažnijih bioloških značajki invazivnih vodenih vrsta, a to su:

1. široka rasprostranjenost i brojnost u matičnom području,
2. velika tolerancija na okoliš i abiotičke promjene (promjena saliniteta, temperature, kvalitete vode),
3. visoka genetska varijabilnost,
4. kratko vrijeme jedne generacije,
5. brzi rast,
6. rana spolna zrelost,
7. visoka reproduktivna sposobnost,
8. široka prehrana (oportunističko hranjenje),
9. druželjubivost (velike skupine jedinki),
10. posredovanje mehanizama brzog širenja,
11. prijenos ljudskim aktivnostima (npr. transport balastnim vodama).

Ova obilježja samo su najvažnije biološke i ekološke značajke invazivnih vrsta. Kako bi bolje razumjeli dinamiku njihovog širenja potrebno je sagledati različite činjenice kao što su proučavanje donor regije i puteva širenja proučavane vrste, ali i invazijske prošlosti budući da se pretpostavlja da će i dalje nastaviti s invazijom ukoliko im se ukaže prilika i uvjeti budu povoljni (Ricciardi i Rasmussen, 1998, prema Daehler i Strong, 1993). Dobar primjer širenja invazivne vrste je širenje rakušaca *Chelicoropium curvispinum* u Mađarskoj (Borza, 2011): 1933. godine (Slika 1.a) ova vrsta je zabilježena u Balatonskom jezeru, a do 2009. godine (Slika 1.b) ovaj invazivni rakušac proširio se duž toka Dunava, Tise i Drave.



Slika 1. Invazija *C. curvispinum* 1933.-2009

Izvor: Borza, 2011:78

Obzirom na to da u slatkovodnim ekosustavima ima vrlo mnogo endemskih vrsta, a ujedno je i unošenje vrsta koje su strane u velikom porastu, slatkovodni ekosustavi su postali veoma osjetljivi na pojavu invazivnih vrsta. S tom mišlju znanstvenici su dokazali da pravilo o 10 % uspješnosti invazije u ovom slučaju nije primjenjivo. Ruesink (2005) je dokazala kako je čak 64 % unesenih ribljih vrsta uspjelo uspostaviti populacije u unesenom području, a od toga je čak 22 % invazivnih vrsta koje su na različite načine utjecale na promjene ekosustava.

1.2. Invazivne vrste beskralježnjaka u slatkovodnim ekosustavima

Beskralježnjaci ili avertebrati su skupina životinja koje, kako i sam naziv kaže, nemaju kralježnicu (Matoničkin, Habdija i Primc-Habdija, 1998). Neke od takvih skupina su oblenjaci (plošnjaci), mekušci (puževi, školjkaši), kolutičavci (maločetinaši, pijavice) te najbrojniji po broju vrsta člankonošci (kukci, rakovi). Veliki slatkovodni ekosustavi sadrže i na desetke invazivnih vrsta, ponajviše iz koljena mekušaca (Mollusca) i rakova (Crustacea) što možemo

vidjeti iz tablice koju je sastavio Ricciardi (2015) na temelju proučavanja beskralježnjaka u velikim slatkovodnim ekosustavima diljem svijeta.

Tablica 1. Broj invazivnih makrobekralježnjaka koji su zabilježeni u velikim slatkovodnim ekosustavima

| EKOSUSTAV | MEKUŠCI | RAKOVI | KOLUTIČAVCI | KUKCI | OSTALI |
|---|---------|--------|-------------|-------|--------|
| Velika laurentska jezera (Superior, Michigan, Huron, Erie, Ontario) | 18 | 21 | 6 | 2 | 23 |
| jezero Champlain | 11 | 5 | 0 | 0 | 2 |
| rijeka Hudson | 19 | 6 | 1 | 0 | 2 |
| rijeka Mississippi | 8 | 6 | 0 | 0 | 1 |
| rijeka Kolumbija | 3 | 4 | 7 | 0 | 3 |
| rijeka Rajna | 10 | 23 | 6 | 1 | 6 |
| rijeka Temza | 8 | 15 | 3 | 2 | 13 |
| rijeka Ebro | 7 | 11 | 1 | 0 | 5 |
| jezero Balaton | 3 | 10 | 0 | 0 | 1 |

Izvor: Ricciardi, 2015:84

Moramo shvatiti da ovi brojevi nikad ne mogu biti u potpunosti točni obzirom na to da postoje određene nepravilnosti kod monitoringa, nepotpunog inventara faune, lošijeg prepoznavanja povijesne biogeografije mnogih prisutnih vrsta te zbog nedovoljne stručnosti za taksonomsko određivanje invazivnih beskralježnjaka. Temeljem toga svi slatkovodni ekosustavi sadrže tzv. kriptogene (skrivenne) strane vrste, odnosno vrste koje se ne mogu sa sigurnošću klasificirati kao strane ili domaće, a postoje i pseudoautohtone vrste koje su se zabunom klasificirale kao autohtone (Ricciardi, 2015, prema Carlton, 2009). Služeći se genetskim analizama počele su se otkrivati invazije kriptogenih vrsta u slatkovodnim ekosustavima diljem svijeta. Tako je otkriveno da su neke vrste postigle drastični raspon proširenja i to na sve kontinente, kao što je to npr. iz koljena žarnjaka (*Cnidaria*) slatkovodna meduza *Craspedacusta sowerbyi* (Slika 2) koja originalno potječe iz Kine iz rijeke Yangtze (Ricciardi, 2015), prvi puta zabilježena 1880. godine u jezeru Regent's Parka u Londonu. Pronašao ju je A. C. Sowerby te je po njemu i dobila znanstveni naziv (Moreno-Leon i Ortega-Rubio, 2009). Slatkovodnu meduzu *C. sowerbyi*, koja je do sada proširena na svim kontinentima osim na Antarktici, nalazimo i u Hrvatskoj gdje je prvi puta zabilježena 1980-ih

godina u umjetnom jezeru Čingi Lingi kod Ledina Molvarskih u Podravini (Kranjčev, 1997), a danas je proširena i u jezeru Šoderica (URL 2.), ali i drugim jezerima. Invazivna je jer smanjuje brojnost autohtonih vrsta u planktonu kojim se hrani pa tako mijenja i prehrambenu mrežu ekosustava u kojem obitava (Smith i Alexander, 2008). Budući da može narasti do promjera 2.5 cm vidljiva je golim okom, no nije opasna po čovjeka kao one u morskim ekosustavima jer nema toliko jake žarnice koje bi mogle probiti kožu (URL 3.).



Slika 2. Invazivna slatkovodna meduza *Craspedacusta sowerbyi*

Izvor: fotografirao Jan Harmsky, URL 4.

Još jedna važna invazivna vrsta slatkovodnih beskralježnjaka je iz koljena mekušaca (*Mollusca*), razreda školjkaša (*Bivalvia*) – *Dreissena polymorpha* tzv. promjenjiva ili raznolika trokutnjača (engl. zebra mussel) (*Slika 3*). Ponto-kaspijskog je porijekla, točnije iz Kaspijskog mora odakle se širi već 200-tinjak godina (Hudina i sur., 2009) te se u tom razdoblju proširila gotovo cijelom Europom i Sjevernom Amerikom (Pollux, Van der Velde i Bij de Vaate, 2010).



Slika 3. Invazivna školjka promjenjiva trokutnjača (*Dreissena polymorpha*)

Izvor: fotografirao Luka Hercigonja, URL 5

Prema *World Register of Marine Species* (Svjetskom registru morskih vrsta) vidi se da je ova školjka proširena po cijeloj Europi, djelomice u Rusiji ali i Sjevernoj Americi (URL 6). Ova vrsta na popisu je 100 najgorih invazivnih vrsta cijeloga svijeta (URL 7). U Hrvatskoj ju možemo naći duž cijelog toka rijeke Drave ali i u nekim jezerima kao što su Jarun ili Vransko jezero (Hudina i sur., 2009, prema Erben i sur., 2007). Ova invazivna vrsta ima negativan utjecaj na autohtone vrste školjkaša zbog toga to što se svojim bisusnim nitima pričvršćuje za domaće školjke i pritom otežava njihovo otvaranje i kretanje. Isto tako svojim hranjenjem, filtriranjem planktona i suspendiranih organskih čestica smanjuje količinu dostupne hrane u svojoj okolini te otežava hranjenje autohtonih vrsta. Budući da ima veliku plodnost često na povoljnim staništima uspostavlja vrlo brojnu populaciju i tako značajno utječe na dostupnu količinu hrane u planktonu (Hudina i sur., 2009). Idealne uvjete za preživljavanje promjenjiva trokutnjača nalazi u akumulacijskim jezerima zbog obilja planktona te idealnih uvjeta za razmnožavanje i pričvršćivanje (čvrsta podloga na obalama i branama). Ne pričvršćuje se samo na školjke već i na bilo koju površinu, pa tako i na zidove i sustave hidroelektrana te svojom velikom brojnošću prijeti normalnoj funkciji hidroelektrana. Neka rješenja se pronalaze u mehaničkom uklanjanju (često potrebni ronionci), kemijskim metodama npr. premazivanju elektrana više puta godišnje protuobraštajnim bojama kako bi se smanjilo prianjanje raznolikih trokutnjača i time smanjila njihova brojnost. Uz ove mehaničke i kemijske metode kontrole od ovog školjkaša provode se i ostale vrste rješenja kao što je poribljavanje ribama koje se njima hrane i ostalo (Lajtner, Erben, Lucić, Maguire, Hudina, Ivančić, Buhin i Tarnik, 2007).



Slika 4. Invazivni deseteronožni rakovi (Decapod): lijevo-signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*) i desno-bodljobrادي rak (*Faxonius limosus*)

Izvor: fotografirao Andrej Kapla, URL 8:

Među invazivnim deseteronožnim rakovima (Decapoda), dvije vjerojatno najznačajnije vrste u Europi su signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*) i bodljobrادي rak (*Faxonius limosus*), obje porijeklom iz Sjeverne Amerike (Slika 4). Signalni rak potječe iz istočne Sjeverne Amerike gdje je prirodno rasprostranjen u slivu Tihog oceana od Kalifornije do Aljaske (URL 9). Na listi je najvažnijih invazivnih vrsta u Europskoj Uniji tzv. *List of Invasive Alien Species of Union concern*, od 2016. godine, koja je proširivana još 2017. i 2019. godine i na njoj se nalazi 30 vrsta životinja i 36 vrsta biljaka (URL 10). Signalni rak je iz Amerike namjerno unesen u mnoge zemlje Europe, npr. Belgija, Danska, Finska, Austrija, Švicarska, Njemačka, Poljska, Italija, Grčka i ostale (URL 11). Ova vrsta ima značajan utjecaj na autohtone vrste riječnih rakova jer prenosi račju kugu (*Aphanomyces astaci*) koja je jedan od glavnih razloga smanjenja i nestajanja populacija autohtonih vrsta rakova kao što su riječni rak (*Astacus astacus*), potočni rak (*Austropotamobius torrentium*) i bjelonogi rak (*A. pallipes*). Osim toga, istraživanjima je utvrđeno da svojom ishranom mijenja i ukupan ekosustav budući da godišnje pojede oko 260 kg (možda i više) makrobentosa i makrofita (Vaeßen i Hollert, 2015). U Hrvatskoj je prvi puta pronađen u rijeci Muri 2008. (Maguire, Klobučar, Marčić i Zanella, 2008) te se već godinu dana kasnije proširio na gotovo pola toka rijeke Mure u Hrvatskoj gdje na velikom broju istraživanih postaja nije zabilježen nalaz autohtonog raka *Astacus astacus* (Hudina i sur., 2009). Bolest račju kugu prenosi i bodljobrادي rak (*Faxonius limosus*, Slika 5) koji je prvi puta pronađen u Hrvatskoj u Dunavu kod Kopačkog rita 2003. godine (Maguire i Klobučar, 2003). Smatra se da je ova vrsta odbjegli iz uzgajališta u Mađarskoj te je tamo već 1985. godine zabilježen u Dunavu (Hudina i sur., 2009, prema Puky i sur., 2005). Isto kao i signalni rak, bodljobrادي svojom kompetitivnošću za prostorom i hranom, velikim brojem potomaka, dugotrajnim životnim vijekom kao i prenošenjem bolesti na koju je također otporan može prouzročiti nestanak određenih domaćih vrsta na području svoje invazije. Temeljem uvrštenosti račje kuge na popis „100 najgorih svjetskih invazivnih vrsta“, ove dvije vrste rakova smatraju se jednim od najopasnijih invazivnih vrsta (Hudina i sur., 2009).

1.3. Invazivne vrste rakušaca u Europi

U ovom radu glavna tematika su makroskopski rakovi iz reda Amphipoda - rakušci, koje najprije možemo opisati prolazeći kroz njihovu taksonomsku klasifikaciju (Tablica 2).

Tablica 2. Taksonomska klasifikacija reda Amphipoda (rakušci)

| | |
|------------|----------------------------|
| CARSTVO | Animalia (Životinje) |
| KOLJENO | Arthropoda (Člankonošci) |
| POTKOLJENO | Crustacea (Rakovi) |
| RAZRED | Malacostraca (Viši rakovi) |
| PODRAZRED | Eumalacostraca |
| NADRED | Peracarida |
| RED | Amphipoda (Rakušci) |

Izvor: izradila Marija Šarec prema: Väinölä, Witt, Grabowski, Bradbury, Jażdżewski, Sket, 2007:241-255

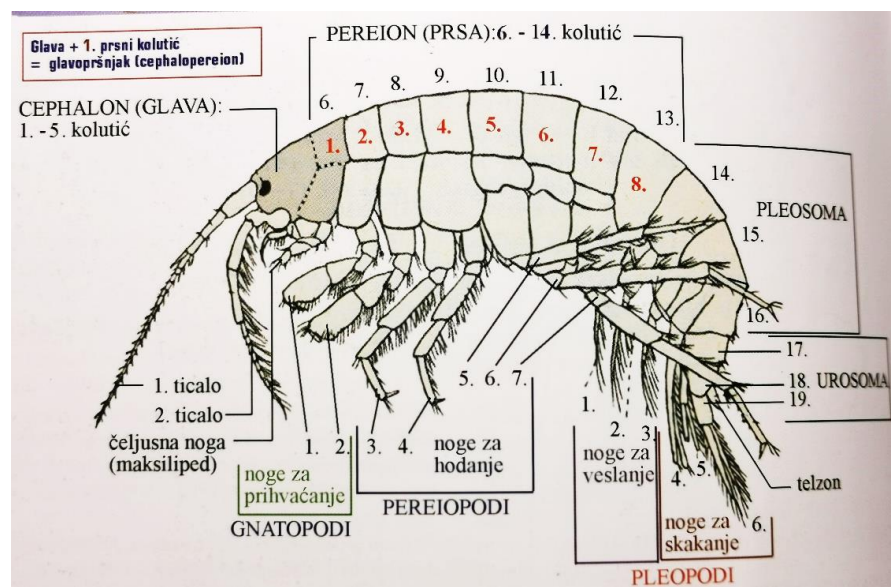
Rakušci su beskralježnjaci iz koljena člankonožaca i potkoljena rakova, koje obuhvaća 11 razreda, a rakušci spadaju u razred viših rakova (Malacostraca). Ovaj razred je najraznovrsniji s oko 40000 vrsta podijeljenih u 2 podrazreda, a rakušci pripadaju u podrazred *Eumalacostraca* koji je podijeljen je na tri nadreda. Nadred *Peracarida* obuhvaća rakove koji jaja nose u marsupiju (ležnom prostoru) i obuhvaća redove rakova kao što su Amphipoda (rakušci), Isopoda (jednakonožni rakovi) i Mysida (rašljonošci). Rakovi iz ovog nadreda uspješno su se prilagodili raznim uvjetima života u moru, bočatim i slatkim vodama pa čak i na kopnu. Spominjani nadred podijeljen je u 9 redova od kojih su najpoznatiji redovi *Isopoda* (jednakonošci) s oko 10000 vrsta, *Mysidacea* (rašljonošci) s oko 1000 i *Amphipoda* (rakušci) s oko 9900 opisanih vrsta od čega oko 1870 vrsta i podvrsta nastanjuje slatkovodne ekosustave (Väinölä, Witt, Grabowski, Bradbury, Jażdżewski i Sket, 2007). Glavna značajka rakušaca je činjenica je da imaju bočno spljošteno tijelo što se može vidjeti na slici 5.



Slika 5. Uzorak rakušaca iz Drave – dobro je vidljiva bočna spljoštenost tijela rakušaca

Izvor: fotografirala Marija Šarec

Tijelo rakušaca dijeli se na glavu (cephalon), prsa (pereion), pleosomu i urosomu (*Slika 6*). Na glavi se nalaze dva para ticala.. Na perionu se nalazi sedam pari nogu (pereiopoda), od kojih su prva dva para nogu posebno građene noge za prihvaćanje, tzv. gnatopodi, a služe za hvatanje plijena i mužjaku za prihvaćanje ženke u prekopulaciji. Ostalih pet para pereiopoda služi za hodanje. Kod ženki u ovom predjelu prsa na bazi prva četiri pereiopoda se nalaze posebne pločice koje se nazivaju jajne pločice (oostegiti). One se preklapaju i tvore ležni prostor (marsupij) u kojem ženke nose jajašca i juvenilne rakušce. Članci na zadku podijeljeni su na dva dijela. Na prva tri članka nalaze se tri para nogu za veslanje (pleosomi), dok druga tri članka (urosoma) imaju 3 para nogu za skakanje. Najpoznatije vrste slatkovodnih rakušaca pripadaju rodu *Gammarus*, a najpoznatije vrste kod nas su *Gammarus fossarum* i *Gammarus balcanicus* (Habdija, Primc Habdija, Radanović, Špoljar, Matoničkin Kepčija, Vujčić Karlo, Miliša, Ostojić i Sertić Perić, 2011).



Slika 6. Vanjski izgled rakušca *Gammarus fossarum*

Izvor: Habdija i sur., 2011.

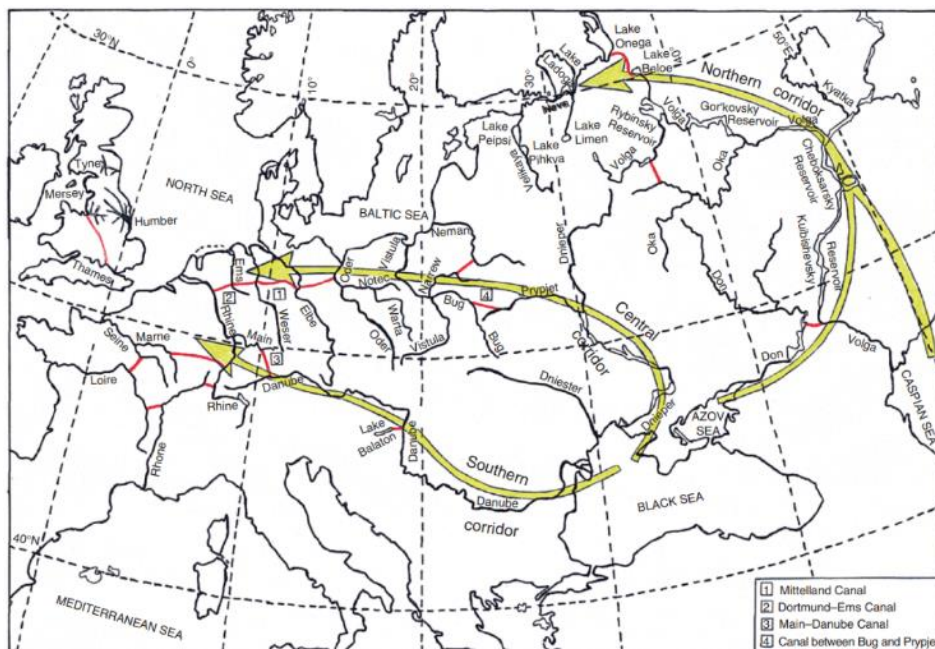
Strane i invazivne vrste rakušaca u Europi najčešće potječu (Holdrich i Pöckl, 2007):

- a) iz Sjeverne Amerike
- b) iz neke europske regije iz koje su prenesene u drugu
- c) iz ponto-kaspijskog područja Europe koje obuhvaća ušća i donje tokove pritoka Crnog mora i Kaspijskog jezera.

Ponto-kaspijske strane vrste proširile su se Europom zahvaljujući umjetno stvorenim kanalima kojima su uspostavljene tri rute širenja (Bij de Vaate, Jażdżewski, Ketelaars, Gollash i Van der Velde, 2002, *Slika 7*):

- a. Sjeverni koridor: Volga-Baltik
- b. Središnji koridor: Dnjepar-Visla-Oder-Elba-Rajna
- c. Južni koridor: Dunav-Rajna

Ovim koridorima su nekada odijeljena slivna područja velikih europskih rijeka međusobno povezana u jednu veliku europsku mrežu vodotoka kojom su se strane vrste uspješno proširile aktivnim i češće pasivnim putem (brodovima). Osim toga, strane vrste uvezene su u Europu i namjerno npr. u svrhu što veće produkcije ribarstva (Arbačiauskas, Rakauskas i Virbickas, 2010). Među stranim vrstama rakušaca (Amphipoda) manje je vrsta koje su američkog porijekla (npr. *Gammarus tigrinus*, *Crangonyx pseudogracilis* i *Hyaella azteca*), dok je najviše stranih vrsta rakušaca ponto-kaspijskog porijekla, a neki od njih su: *Chelicorophium curvispinum*, *Dikerogammarus haemobaphes* i *Dikerogammarus villosus* (Holdrich i Pöckl, 2007).



Slika 7. Sjeverni (Northern corridor), središnji (Central corridor) i južni koridor (Southern corridor) kojim su se strane vrste rakušaca iz ponto-kaspijskog područja proširile Europom

Izvor: Bij de Vaate i sur., 2002.



Slika 8. Invazivni rakušac *Chelicorophium curvispinum*

Izvor: fotografirao Michał Grabowski, URL 12

Invazivni rakušac *Chelicorophium curvispinum* (Slika 8) potječe iz Kaspijskog jezera odakle se tijekom 20. stoljeća putem kanala proširio Europom sve do rijeke Rajne u kojoj je u roku od nekoliko godina postignuo ogromnu gustoću od preko sto tisuća jedinki po kvadratnom metru (Bij de Vaate i sur., 2002). Invazija ovog račića nije problem samo zbog njegove velike gustoće populacije, već i zbog toga što izgradnjom muljevutih nakupina u kojima obitava (gradi cjevčice od mulja na kamenju) izmjenjuje kamenite podloge na kojima živi koje su ujedno i staništa ostalih bentoskih beskralježnjaka. S takvim „inženjerskim“ izmjenama staništa, kao i zbog kompeticije za hranu (hrani se filtriranjem) ovaj račić je na mnogim mjestima uspio potisnuti invazivnu školjku *Dreissenu polymorpha* (Ricciardi, 2015).

1.4. Invazivne vrste rakušaca u Hrvatskoj

Najčešći uzrok širenja invazivnih vrsta su brojni kanali koji spajaju velike rijeke Europe te su tako omogućili proširenje vrsta na ranije odvojene riječne slivove (Jażdżewski, 1980; Bij de Vaate i sur., 2002). Rijeke Drava i Sava su najveći pritoci rijeke Dunav u Hrvatskoj. Budući da znamo da su u Dunavu brojna nalazišta invazivnih rakušaca, najvažniji putevi širenja ovih (a i ostalih) stranih vrsta u Hrvatskoj upravo su velike rijeke Sava i Drava (Žganec, Gottstein i Hudina, 2009).

Prethodna istraživanja (Žganec i sur., 2009; Žganec, Lajtner, Ćuk, Crnčan, Pušić, Atanacković, Kralj, Valić, Jelić i Maguire, 2020) ustanovila su prisustvo osam vrsta rakušaca

u velikim rijekama Hrvatske, a to su *Chelicorophium curvispinum*, *C. robustum*, *C. sowinskyi*, *Dikerogammarus bispinosus*, *D. hemobaphes* te *D. villosus*, *Echinogammarus ischnus* i *Obesogammarus obesus*. Najšire rasprostranjene invazivne vrste rakušaca su *C. curvispinum* i *D. villosus* koji su pronađeni u Dunavu i na većem dijelu toka Save i Drave (Žganec i sur. 2009, 2020).

Invazivna vrsta *D. hemobaphes* pronađena je 2009. godine i u rijeci Uni, tj. na samom ušću rijeke Une te za sada nema dokaza da se vrsta proširila dalje uzvodno (Žganec, Gottstein i Đurić, 2010; Žganec, Ćuk, Tomović, Lajtner, Gottstein, Kovačević, Hudina, Lucić, Mirt, Simić, Simčić i Paunović, 2018). Neki znanstvenici tvrde da slabija vodljivost rijeke može biti jedan od čimbenika zbog kojeg invazivne vrste ne ulaze u pritoke velikih rijeka (Grabowski, Bacela, Konopačka i Jażdżewski, 2009).

Istraživanjem rijeke Drave 2015. godine pronađena je i nova vrsta invazivnog rakušca u Hrvatskoj. Riječ je o vrsti *Echinogammarus ischnus* ponto-kaspijskog porijekla, a pronađen je u donjem toku rijeke Drave i u Dunavu (Žganec, Ćuk i Dekić, 2015). Osim toga, iste godine pronađen je i novi invazivni rakušac u Savi nizvodno od Siska, tzv. „rakušac ubojica“, *Dikerogammarus villosus*, koji nikad prije nije zabilježen u Savi te je pronađen zajedno s „demonskim“ rakušcem, *D. haemobaphes*, koji je već dulje vrijeme prisutan u bentosu rijeke Save (Žganec i sur., 2018).

1.4.1. Utjecaj invazivnih na autohtone vrste rakušaca

Kako strane vrste prodiru na područja gdje su prisutne domaće vrste, dolazi do borbe između stranih i domaćih vrsta za opstanak. Poznato je da je *D. villosus* veoma uspješna vrsta u preživljavanju i pretpostavlja se da je upravo on razlog nestanka autohtone vrste *Gammarus pulex* (Kinzler, Kley, Mayer i Waloszek, 2009.) S obzirom da ovaj rakušac može biti izraziti predator drugih vrsta beskralježnjaka, smatra se da je njegov predatorski učinak glavni razlog smanjenja brojnosti populacija nekih domaćih vrsta rakušaca (Kinzler i sur., 2009). Kod predatorstva vrlo je važna veličina jedinki što znači da će manja jedinka većinom biti plijen većih stranih vrsta kao što je *D. villosus*, a ovaj rakušac prednjači i u zauzimanju boljeg mjesta sklanjanja, a time ostaju ona lošija u kojima jedinke slabijih vrsta postaju uočljivije predatorima kao što su ribe (Garvey, Stein i Tomas, 1995). Rakušac *D. villosus* je svejed i proždrljive je naravi pa samim time prednjači u odnosu na autohtone vrste koje biraju hranu. Također u agresivnoj potražnji za hranom ozljeđuje makrobekralježnjake koje nužno ne konzumira što

automatski smanjuje populacije vrsta koje napada. Osim toga, ovom proždrljivcu uvelike pomaže prisutnost druge invazivne vrste – raznolike trokutnjače (*Dreissena polymorpha*) jer se hrani na njenim bisusnim nitima, a one stvaraju i savršenu podlogu za njegov zaklon pa *D. villosus* brzo napreduje u njenom prisustvu (Rewicz, Grabowski, MacNeil i Bacela-Spychalska, 2014).

Skupina znanstvenika je 2015. godine objavila rad o istraživanju metaboličkih aktivnosti i ponašanja invazivne vrste *D. villosus* i dvije autohtone vrste *G. roeselii* i *G. fossarum* u rijekama na području Njemačke. Dokazano je izravnom kalorimetrijom da *D. villosus* karakterizira strategija „sjedi i čekaj“ na srednjim temperaturama koje su najčešće prilikom invazija određenog vodenog područja. *D. villosus* pokazao je nižu energetska razinu, tj. razinu metabolizma, dok se pretpostavlja da ostale vrste imaju aktivnija ponašanja. Smatraju da smanjena potrošnja energije može biti relevantna tijekom invazije pogotovo kad se radi o grabežljivom ponašanju ili odgovoru na nepovoljne uvjete okoline (Becker, Ortmann, Wetzel i Koop, 2015).

Prema tome, možemo zaključiti da invazivne vrste mogu uvelike utjecati na autohtone vrste na različite načine uzrokujući smanjivanje populacija ili potpuno nestajanje autohtonih vrsta, nerijetko mijenjajući cijele ekosustave. Zbog toga su potrebne mjere predostrožnosti i preventivne mjere kao što je mehaničko čišćenje i pranje opreme za vodene sportove ili pak one koje su ekonomski zahtjevnije kao npr. pročišćavanje voda u svrhu boljih uvjeta života za autohtone vrste imajući na umu da invazivne vrste preživljavaju i u zagađenijim vodama (Rewicz i sur., 2014).

2. CILJEVI ISTRAŽIVANJA

Najvažniji cilj ovog istraživanja bio je odrediti prostorne i vremenske promjene sastava pridnenih (bentoskih) zajednica rakova u rijeci Dravi na dijelu toka od Preloga do Legrada na kojem se od 2011. g. proširio invazivni rakušac *Dikerogammarus villosus*. Istraživano područje obuhvaća složeni sustav umjetnih i prirodnih vodotoka glavnog i starog toka rijeke Drave kao i akumulacije Dubrava te njene obodne i derivacijske kanale. Na temelju podataka istraživanja iz 2011., 2014., 2016., 2018. i 2019. godine na većem broju postaja, koje su prikupili mentor ovog rada izv. prof. dr. sc. Krešimir Žganec i njegovi suradnici, cilj rada bio je odrediti prostorne razlike u sastavu zajednice rakova u bentosu za svaku godinu, a na postajama na kojim je istraživanje provedeno više godina odrediti vremenske promjene zajednica rakova. Određivanjem vremenskih promjena nastojalo se utvrditi da li je zbog prisutnosti invazivnog rakušca *D. villosus* došlo do smanjivanja ili čak nestajanja domaćih vrsta rakova u bentosu iz redova Amphipoda i Isopoda. Dakle, jedan od glavnih ciljeva rada bio je odrediti utjecaj širenja invazivnog rakušca *D. villosus* na naše autohtone vrste rakova u bentosu rijeke Drave. Osim toga, ovim radom želi se doprinijeti boljem razumijevanju i poznavanju zajednica rakova u bentosu rijeke Drave kao i probuditi svijest čitača ovog diplomskog rada o učincima invazivnih vrsta s nadom da će to doprinijeti boljoj zaštiti biološke raznolikosti i autohtonih vrsta.

3. PODRUČJE ISTRAŽIVANJA

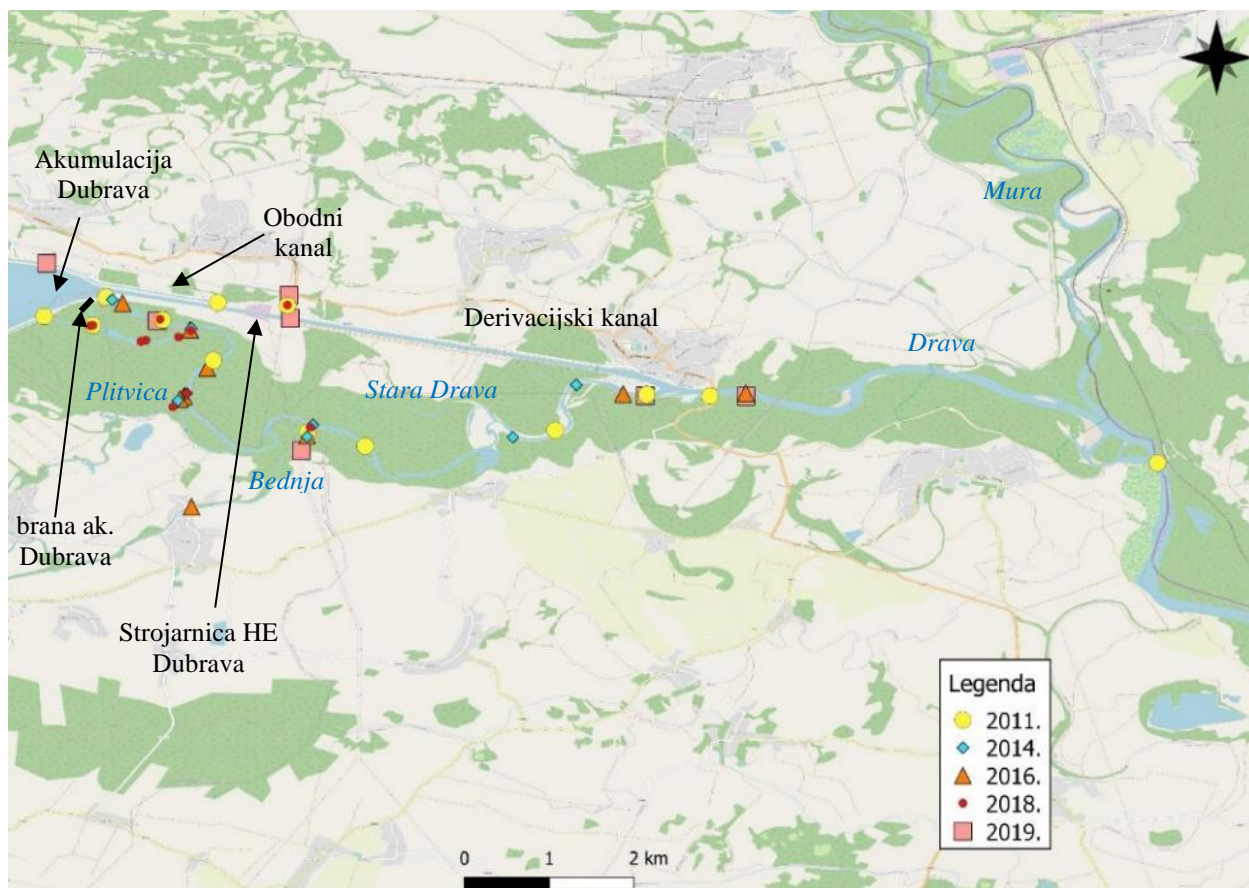
3.1. Opća obilježja rijeke Drave

U južnom Tirolu, tamošnjem Toplaškom polju izvire rijeka Drava. Prolazi kroz pet država, a to su redom: Italija, Austrija, Slovenija, Hrvatska i Mađarska (Obadić, 2007). Drava je dugačka 725 km (Lóczy, 2019:1), dok se 305 km njenog toka nalazi u Hrvatskoj. Većinu vode sakuplja od snijega i ledenjaka pa se naziva planinsko-nizinskom, odnosno alpsko-panonskom rijekom (Obadić, 2007). Manju količinu vode Drava dobiva zimi, dok veću krajem proljeća i početkom ljeta (Režek, 2003). U blizini Legrada pridružuje joj se rijeka Mura koja čini dio Hrvatsko-Mađarske granice (Lóczy, 2019:1), a kod Aljmaša se Drava ulijeva u Dunav koji potom čini dio najistočnije granice Hrvatske sa Srbijom.

Duž toka rijeke Drave ukupno su izgrađene 22 brane za potrebe hidroelektrana (HE). Do 1970. godine na području rijeke Drave izgrađeno je 19 hidroelektrana u Austriji i Sloveniji, a nakon toga još tri HE izgrađene su u Hrvatskoj. Prva u nizu kod nas je HE Varaždin koja se nalazi na sjeverozapadu Hrvatske kod mjesta Otok Virje (HR)/Ormoža (SLO). Njena akumulacija Varaždin zauzima 28,5 km riječnog područja, a ova HE je puštena u rad 1975. godine. HE Čakovec s istoimenom akumulacijom nalazi se kod Varaždina, a puštena je u rad 1983. godine, dok je posljednja u nizu HE Dubrava s najvećom akumulacijom Dubrava kod Preloga i Donje Dubrave, puštena u rad 1990. g. (Režek, 2003). Usprkos značajnoj regulaciji umjetno izgrađenim kanalima u svrhu dobivanja energije, rijeka je na većini dijelova sačuvala svoja prirodna staništa, kao i mnoge elemente izvorne flore i faune (Lóczy, 2019:1).

3.2. Stari tok rijeke Drave

Rijeka Drava na istraživanom području između akumulacije Dubrava i ušća rijeke Mure sastoji se od dovodnog (derivacijskog) kanala koji se od akumulacije Dubrava do HE Dubrava prostire oko 2 km te se od HE nastavlja narednih 4,8 km do spajanja sa Starom Dravom (*Slika 9*). Istraživani su i obodni (drenažni) kanali oko akumulacije Dubrava. Nizvodno do brane akumulacije Dubrava, južno od derivacijskog kanala nalazi se stari tok rijeke Drave (Stara Drava, dužine oko 11 km) kojoj se nakon otprilike 3 km pridružuje desni pritok rijeka Plitvica u blizini Velikog Bukovca, a potom za iduća 3 km vijugavog korita desni pritok, rijeka Bednja, u blizini Malog Bukovca. Kod Donje Dubrave stari tok spaja se s derivacijskim kanalom tvoreći glavni tok Drave sve do posljednje istraživane točke na ušću Mure u Dravu.



Slika 9. Tok rijeke Drava od akumulacije Dubrava do ušća Mure sa svim postajama (ukupno 27) na kojima su prikupljeni uzorci rakova u bentosu od 2011. do 2019. godine.

Izvor: dokumentacija mentora izv. prof. dr. sc. Krešimira Žganeca, preuredila Marija Šarec

Tijekom pet godina istraživanja (2011., 2014., 2016., 2018. i 2019.) uzorkovanje makroskopskih beskralježnjaka dna (makrozoobentosa) provedeno je na različitim postajama (*Tablica 3* i *Slika 10*) radi određivanja rasprostranjenosti invazivne i autohtonih vrsta rakova. S obzirom da se neki lokaliteti uzorkovanja tijekom pojedinih godina podudaraju (uz 100-200 metara razlike), na pojedinim postajama moguće je pratiti vremenske promjene zajednica rakova. Od ukupno 27 postaja (*Tablica 4*), na 10 postaja uzorkovanje je provedeno tijekom više godina kako bi se uočilo da li je širenje invazivnog rakušca *Dikerogammarus villosus* uzrokovalo promjene sastava zajednica rakova tijekom godina istraživanja.

Tablica 3. Sve istraživane postaje grupirane prema godini istraživanja s oznakama (skraćenicama) prikazanim na kartama te godinama i datumima uzorkovanja.

| | Vodotok | Postaja | Skraćenica | Godina | Datum |
|----|-------------------------------------|---|--------------|--------|-------------|
| 1 | Stara Drava | ispod brane ak Donja Dubrava-umj kaskade | St-Dr-0 | 2011 | 16.10.2011. |
| 2 | Stara Drava | 1. nizvodno brane ak. Dubrava | St-Dr-1 | 2011 | 30.07.2011. |
| 3 | Stara Drava | 3. nizv. od brane akumul. Dubrava | St-Dr-3 | 2011 | 31.10.2011. |
| 4 | Bednja | 100 m uzv od ušća u Staru Dravu | Bed-u | 2011 | 01.11.2011. |
| 5 | Stara Drava | 500 m nizvodno od ušća Bednje | St-Dr-4 | 2011 | 01.11.2011. |
| 6 | Stara Drava | uzvodno od ušća u Dravu_2 | St-Dr-5 | 2011 | 01.11.2011. |
| 7 | Stara Drava | uzvodno od ušća u Dravu_1 | St-Dr-6 | 2011 | 01.11.2011. |
| 8 | Drava | most prije ulaska u D. Dubravu | Dr-DD-1 | 2011 | 01.11.2011. |
| 9 | Drava | ušće Mure | Dr-u-M | 2012 | 24.06.2012. |
| 10 | Derivacijski kanal akumul. Dubrava | ušće drenažnog kanala-most | Der-knl | 2011 | 16.10.2011. |
| 11 | Lijevi obodni kanal akumul. Dubrava | 1.5 km uzvodno usca LOK | LOK-1 | 2011 | 16.10.2011. |
| 12 | Lijevi obodni kanal akumul. Dubrava | most ceste 180 m uzv usca | LOK-2 | 2011 | 16.10.2011. |
| 13 | Desni obodni kanal akumul. Dubrava | usce DOK u Staru Dravu | DOK-1 | 2011 | 31.10.2011. |
| 14 | Desni obodni kanal akumul. Dubrava | most 610 m uzv osca DOK | DOK-2 | 2011 | 31.10.2011. |
| 1 | Akumulacija Dubrava | uzvodni kraj akumulacije-desna obala | Ak-Dub | 2014 | 29.8.2014. |
| 2 | Stara Drava | ispod brane akumulacije Donja Dubrava-umj kaskade | St-Dr-0 | 2014 | 30.8.2014. |
| 3 | Stara Drava | 1. nizvodno brane HE Dubrava | St-Dr-2 | 2014 | 30.8.2014. |
| 4 | Stara Drava | ušće Plitvice-1 | St-Dr-3-u-P1 | 2014 | 30.8.2014. |
| 5 | Stara Drava | ušće Plitvice-2 | St-Dr-4-u-P2 | 2014 | 30.8.2014. |
| 6 | Stara Drava | ušće Bednje | St-Dr-5-u-B | 2014 | 30.8.2014. |
| 7 | Bednja | 100-200 m uzvodno od ušća | Bed-u | 2014 | 30.8.2014. |
| 8 | Stara Drava | 1. nizvodno ušća Bednje | St-Dr-6 | 2014 | 30.8.2014. |
| 9 | Stara Drava | 2. nizvodno ušća Bednje | St-Dr-7 | 2014 | 30.8.2014. |
| 1 | Stara Drava | ispod brane akumulacije Donja Dubrava-umj kaskade | St-Dr-0 | 2016 | 22.10.2016. |
| 2 | Stara Drava | 1. nizv. brana HE Dubrava | St-Dr-1 | 2016 | 22.10.2016. |
| 3 | Stara Drava | 2. nizv. brana HE Dubrava | St-Dr-2 | 2016 | 22.10.2016. |
| 4 | Plitvica | ušće | Plit-u | 2016 | 22.10.2016. |
| 5 | Plitvica | 1. uzvodno od ušća | Plit-uzv-u | 2016 | 23.10.2016. |
| 6 | Bednja | ušće | Bed-u | 2016 | 22.10.2016. |
| 7 | Bednja | Mali Bukovec, most | Bed-MB | 2016 | 23.10.2016. |
| 8 | Stara Drava | 1. uzv., most Donja Dubrava | St-Dr-2 | 2016 | 22.10.2016. |
| 9 | Drava | most Donja Dubrava | Dr-DD-1 | 2016 | 22.10.2016. |
| 1 | Stara Drava | 1. nizvodno brane ak. Dubrava | St-Dr-1 | 2018 | 26.04.2018. |
| 2 | Stara Drava | ušće desnog rukavca u St. Dravu | St-Dr-2-u-r | 2018 | 26.04.2018. |
| 3 | Stara Drava | 1. uzvodno ušća desnog rukavca u St. Dravu | St-Dr-ruk-1 | 2018 | 26.07.2018. |
| 4 | Stara Drava | 2. uzvodno ušća desnog rukavca u St. Dravu | St-Dr-ruk-2 | 2018 | 11.10.2018. |
| 5 | Stara Drava | 3. uzvodno ušća desnog rukavca u St. Dravu | St-Dr-ruk-3 | 2018 | 26.04.2018. |
| 6 | Stara Drava | ušće Plitvice | St-Dr-3-u-P | 2018 | 26.04.2018. |
| 7 | Stara Drava | 5. nizvodno brane ak. Dubrava | St-Dr-5 | 2018 | 26.04.2018. |
| 8 | Stara Drava | ušće Bednje | St-Dr-4-u-B | 2018 | 26.04.2018. |
| 9 | Lijevi obodni kanal akumul. Dubrava | L. ob. k. ak. Dubrava-most ceste prije usca | LOK-2 | 2018 | 26.04.2018. |
| 10 | Desni obodni kanal akumul. Dubrava | 1. uzv. ušća D. ob. k. u desni rukavac St. Drave | DOK-1 | 2018 | 26.04.2018. |
| 11 | Desni obodni kanal akumul. Dubrava | ušće DOK u Staru Dravu | DOK-2 | 2018 | 26.07.2018. |
| 1 | Stara Drava | 2. nizv. brana HE Dubrava | St-Dr-1 | 2019 | 19.09.2019. |
| 2 | Stara Drava | ušće u Dravu | St-Dr-2 | 2019 | 29.08.2019. |
| 3 | Bednja | 400 m uzv. ušća | B-u | 2019 | 25.09.2019. |
| 4 | Drava | nizvodno most Donja Dubrava | Dr-DD-2 | 2019 | 23.09.2019. |
| 5 | Derivacijski kanal akumul. Dubrava | ušće drenažnog kanala-most | Der-knl | 2019 | 04.10.2019. |
| 6 | Lijevi obodni kanal akumul. Dubrava | 3.6 km uzvodno usca LOK | LOK-1 | 2019 | 19.9.2019. |
| 7 | Lijevi obodni kanal akumul. Dubrava | most ceste 180 m uzv usca | LOK-2 | 2019 | 19.9.2019. |

Izvor: dokumentacija mentora izv. prof. dr. sc. Krešimira Žganeca, preuredila Marija Šarec



Slika 10. Sve istraživane postaje (27) tijekom pet godina istraživanja (2011., 2014., 2016., 2018. i 2019. g.). Crveno su prikazane postaje (9) na kojima je moguće usporediti sastav zajednica rakova tijekom više godina. (Dvije postaje Dr-DD-1 i Dr-DD-2 su udaljene oko 400 m i mogu se uspoređivati).

Izvor: dokumentacija mentora izv. prof. dr. sc. Krešimira Žganeca

Tablica 4. Sve istraživane postaje (27) s nazivima, vodotocima na kojima se nalaze, skraćenicama i GPS koordinatama. Postaje koje su bile udaljene manje od 300 m tretirane su kao jedna postaja, dok je za tamnije obojene postaje (9) moguće usporediti sastav zajednice rakova tijekom pojedinih godina istraživanja.

| | Vodotok | Postaja | Skraćenica | N | E |
|----|---------------------------------|---------------------------------------|---------------|----------|----------|
| 1 | Drava-akumulacija Dubrava | akumulacija Dubrava | ak-Dub | 46.31119 | 16.59747 |
| 2 | Lijevi obodni kanal ak. Dubrava | 3.6 km uzvodno ušća LOK | LOK-1 | 46.32828 | 16.71604 |
| 3 | Lijevi obodni kanal ak. Dubrava | 1.5 km uzvodno ušća LOK | LOK-2 | 46.32229 | 16.74221 |
| 4 | Lijevi obodni kanal ak. Dubrava | most ceste 180 m uzv. ušća | LOK-3 | 46.32183 | 16.75287 |
| 5 | Desni obodni kanal ak. Dubrava | ušće DOK u Staru Dravu | DOK-1 | 46.32017 | 16.71565 |
| 6 | Desni obodni kanal ak. Dubrava | most 610 m uzv. ušća DOK | DOK-2 | 46.31880 | 16.72308 |
| 7 | Stara Drava | 0_0.15 km niz brane ak Dubrava | St-Dr-0 | 46.32272 | 16.72606 |
| 8 | Stara Drava | 1_0.8 km niz brane ak Dubrava | St-Dr-1 | 46.31963 | 16.73375 |
| 9 | Stara Drava | 2_usce desnog ruk-1.2 km niz brane | St-Dr-2 | 46.31798 | 16.73811 |
| 10 | Stara Drava | 3_2.3 km niz brane | St-Dr-3 | 46.31224 | 16.74057 |
| 11 | Stara Drava | 4-usce Plitvice-2.9 km niz brane | St-Dr-4 | 46.30840 | 16.73744 |
| 12 | Stara Drava | 5-usce Bednje-5.5 km niz brane | St-Dr-5 | 46.30344 | 16.75636 |
| 13 | Stara Drava | 6-nizv usca Bednje-6.2 km niz brane | St-Dr-6 | 46.30029 | 16.76478 |
| 14 | Stara Drava | 7-nizv usca Bednje-9.1 km niz brane | St-Dr-7 | 46.30167 | 16.78736 |
| 15 | Stara Drava | 8-nizv usca Bednje-9.6 km niz brane | St-Dr-8 | 46.30271 | 16.79384 |
| 16 | Stara Drava | 9-nizv usca Bednje-10.6 km niz brane | St-Dr-9 | 46.30966 | 16.79705 |
| 17 | Stara Drava | 10-nizv usca Bednje-11.5 km niz brane | St-Dr-10 | 46.30819 | 16.80781 |
| 18 | Stara Drava | 1. uzv ušća desnog ruk. u St. Dravu | d-ruk-St-Dr-1 | 46.31700 | 16.73621 |
| 19 | Stara Drava | 2. uzv ušća desnog ruk. u St. Dravu | d-ruk-St-Dr-2 | 46.31650 | 16.73121 |
| 20 | Stara Drava | 3 uzv ušća desnog ruk. u St. Dravu | d-ruk-St-Dr-3 | 46.31634 | 16.73046 |
| 21 | Plitvica | usce Plitvice u Staru Dravu | Plit-u | 46.30627 | 16.73491 |
| 22 | Bednja | ušće Bednje u Staru Dravu | Bed-u | 46.30194 | 16.75588 |
| 23 | Bednja | Mali Bukovec-most | Bed-MB | 46.29099 | 16.73818 |
| 24 | Derivacijski kanal | most nizv HE Dubrava | Der knl | 46.31987 | 16.75329 |
| 25 | Drava | most prije ulaska u D. Dubravu | Dr-DD-1 | 46.30797 | 16.81748 |
| 26 | Drava | nizvodno most D. Dubrava | Dr-DD-2 | 46.30794 | 16.82302 |
| 27 | Drava | ušće Mure | Dr-u-M | 46.29773 | 16.88597 |

Izvor: dokumentacija mentora izv. prof. dr. sc. Krešimira Žganeca, preuredila Marija Šarec

4. MATERIJALI I METODE

Uzorkovanje makroskopskih beskralježnjaka dna (makrozoobentosa) provedeno je u listopadu 2011., kolovozu 2014., listopadu 2016., travnju i srpnju 2018. i rujnu 2019. godine. Do mjesta uzorkovanja stiglo se najčešće automobilom, a za neke postaje na starom toku Drave prilaz je bio moguć samo čamcem. Uzorci makrozoobentosa prikupljeni su na različitim postajama tijekom pojedinih godina istraživanja.

4.1. Uzorkovanje beskralježnjaka (terensko istraživanje)

Kvalitativni uzorci makrozoobentosa prikupljeni su pomoću ručne bentos mrežice promjera 25x25 cm, veličine oka mreže 500 μ m. Prilikom prikupljanja mreža se postavila tako da je otvor mreže bio suprotno od smjera toka vode te se sav supstrat prebacio u mrežu. Orijentacijskim pregledavanjem odstranio se višak kamenja ili vegetacije. Nakon preliminarnog uklanjanja ispiranjem većih komada kamenja i organskog materijala uzorak se prebacio u plastičnu bocu širokog grla te je konzerviran u 70 %-tnom ili 96 %-tnom etilnom alkoholu (*Slika 11*). Uzorci konzervirani u 96% alkoholu služe za genetske analize kako bi se istražila moguća kriptička (skrivena) raznolikost pojedinih vrsta rakova.



Slika 11. Uzorci spremljeni u plastične boce širokog grla

Izvor: fotografirala Marija Šarec

4.2. Obrada uzoraka beskralježnjaka (laboratorijsko istraživanje)

Laboratorijska obrada provedena je u prostoriji Odjela za nastavničke studije u Gospiću. Prilikom sortiranja rakova vođen je dnevnik rada u laboratoriju. Iz uzoraka istresenih u plastični podložak (Slika 12) su izolirani rakovi redova Amphipoda i Isopoda ponajprije golim okom pomoću pincete (Slika 13) i Petrijevih zdjelica, a nakon toga su uzorci dodatno pregledani pomoću lupe s povećanjem 7-47×. Kada je uzorak detaljno pregledan pod lupom, sve jedinke su prebrojane i premještene u plastične posudice (epice, epruvete ili bočice) te su zalivene pripadajućim 70 % ili 96 % alkoholom (Slika 14). U svaku posudu s rakovima stavljen na paus papir na koji su olovkom ispisani podatci o uzorku: lokacija uzorka, datum uzorkovanja, postotak alkohola, metoda uzorkovanja, skupina makroskopskih beskralježnjaka (Amphipoda, Isopoda i sl.) te broj jedinki.



Slika 12. Uzorak istresen u plitak plastični podložak

Izvor: fotografirala Marija Šarec



Slika 13. Izdvajanje, prebrojavanje i svrstavanje rakušaca golim okom pomoću pincete

Izvor: fotografirala Marina Bukovčan



Slika 14. Prebrojane jedinke rakušaca (Amphipoda) u epruveti.

Izvor: fotografirala Marija Šarec

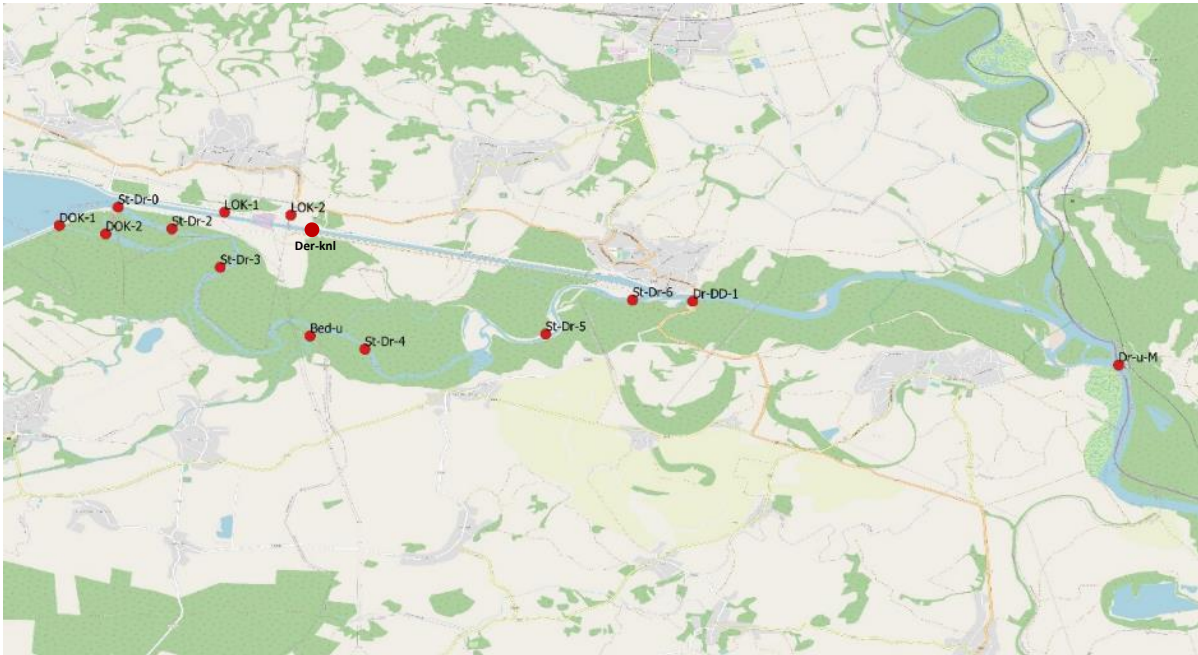
5. REZULTATI

Na istraživanom dijelu toka rijeke Drave od Preloga do Legrada, tj. od kraja jezera Dubrava do ušća Mure, na ukupno 27 postaja, ukupno su zabilježene četiri autohtone vrste i jedna strana invazivna vrsta rakušaca (red Amphipoda): autohtone - *Gammarus fossarum*, *Gammarus roeselii*, *Synurella ambulans* i *Niphargus sp.* te invazivna vrsta *Dikerogammarus villosus*. Osim toga zabilježena je i jedna autohtona vrsta jednakožnog raka (reda Isopoda) – *Asellus aquaticus*. U Tablici 5 možemo uvidjeti ukupnu brojnost ovih vrsta kroz različite godine. Najveća ukupna brojnost rakova (5043) zabilježena je 2018. godine, a najmanja (595) 2014. godine. Od svih vrsta najrjeđi su bili rakušci (sljepušci) roda *Niphargus* koji nisu određeni do vrste: pronađene su svega četiri jedinke kroz cijelo razdoblje istraživanja te zbog tako male brojnosti nisu uključeni u analize i rezultate u idućim potpoglavljima. U najvećem broju (5230 jedinki) zabilježen je autohtoni rakušac *Gammarus fossarum*, potom *Gammarus roeselii* (2681 jedinki) te invazivni rakušac „ubojica“ *Dikerogammarus villosus* (ukupno 2330 jedinki), dok je autohtona vrsta rakušca *Synurella ambulans* bila rijetka (79 jedinki).

Tablica 5. Brojnost šest vrsta rakova iz redova Amphipoda i Isopoda prikupljenih na svim istraživanim postajama na dijelu toka rijeke Drave (od akumulacije Dubrava do ušće Mure) tijekom pet godina istraživanja od 2011. do 2019. godine.

| Vrsta/Godina | | 2011 | 2014 | 2016 | 2018 | 2019 | Ukupno |
|---------------------------------------|---------------------|------|------|------|------|------|--------|
| AMPHIPODA | Uk. brojnost | 2333 | 590 | 1258 | 4497 | 1646 | 10324 |
| <i>Gammarus fossarum</i> | Br.postaja | 11 | 6 | 6 | 10 | 5 | 11 |
| | Br. rakova | 542 | 28 | 415 | 3675 | 570 | 5230 |
| <i>Gammarus roeselii</i> | Br.postaja | 12 | 9 | 4 | 9 | 5 | 12 |
| | Br. rakova | 1263 | 149 | 407 | 572 | 290 | 2681 |
| <i>Synurella ambulans</i> | Br.postaja | 7 | 2 | 2 | 6 | 3 | 7 |
| | Br. rakova | 21 | 4 | 5 | 46 | 3 | 79 |
| <i>Niphargus sp.</i> | Br.postaja | 1 | 0 | 1 | 1 | 0 | 1 |
| | Br. rakova | 1 | 0 | 1 | 2 | 0 | 4 |
| <i>Dikerogammarus villosus</i> | Br.postaja | 9 | 8 | 6 | 4 | 6 | 9 |
| | Br. rakova | 506 | 409 | 430 | 202 | 783 | 2330 |
| ISOPODA | | | | | | | |
| <i>Asellus aquaticus</i> | Br.postaja | 8 | 3 | 6 | 10 | 4 | 10 |
| | Br. rakova | 169 | 5 | 355 | 546 | 41 | 1116 |
| UKUPNO | Br.postaja | 14 | 9 | 9 | 11 | 7 | 27 |
| | Br. rakova | 2502 | 595 | 1613 | 5043 | 1687 | 11440 |

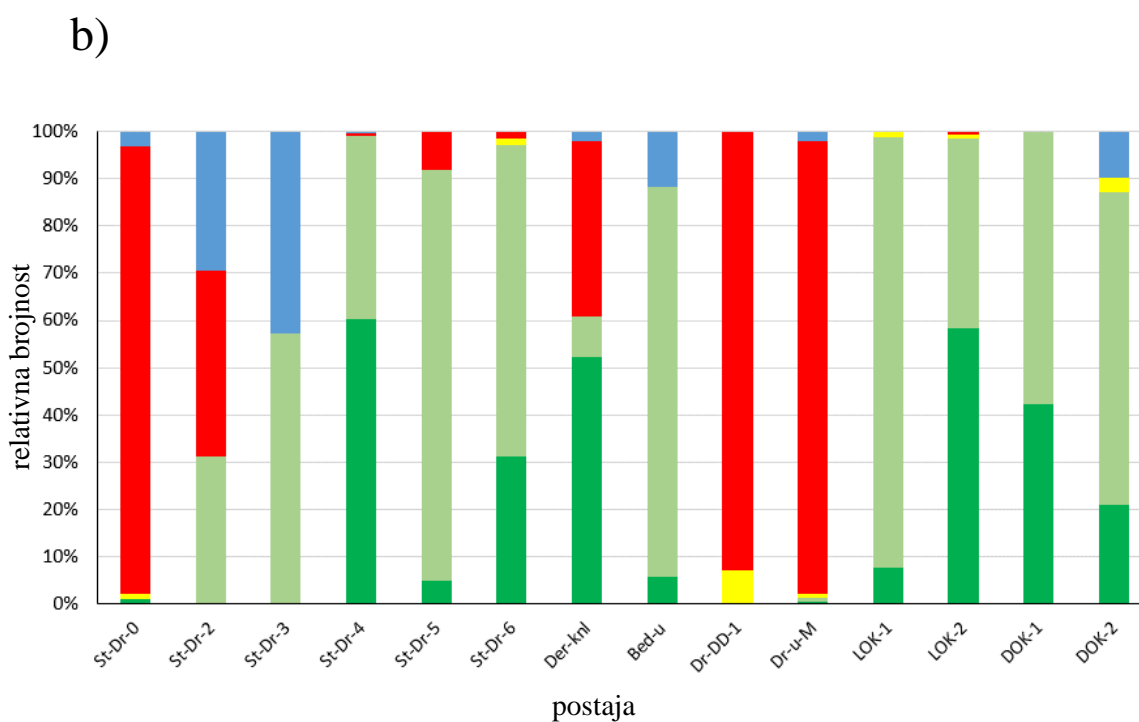
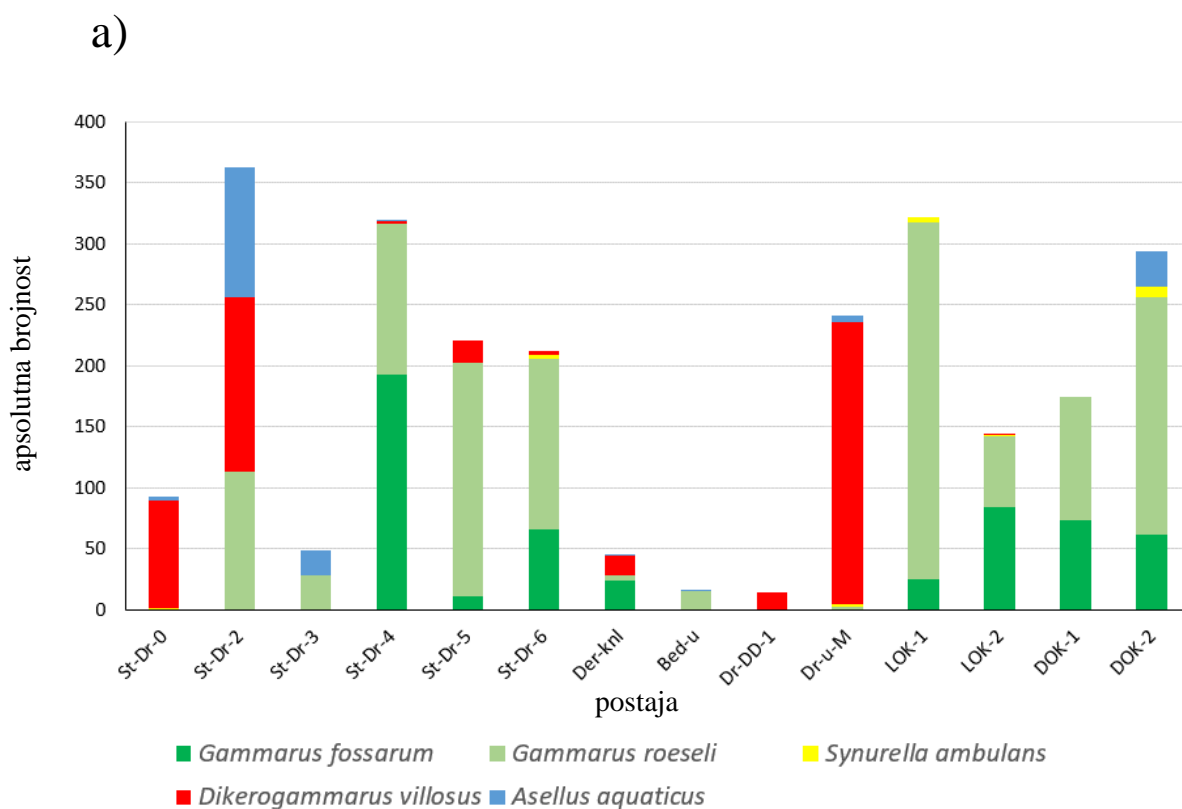
5.1. Sastav zajednica rakova na istraživanim postajama u 2011. godini



Slika 15. Istraživani dio toka rijeke Drave s 14 istraživanih postaja tijekom 2011. godine.

Izvor: dokumentacija mentora izv. prof. dr. sc. Krešimira Žganeca

Tijekom 2011. godine sastav zajednica rakova u bentosu određen je na ukupno 14 istraživanih postaja (Slika 15 i 16): šest postaja duž Stare Drave, dvije postaje u lijevom i dvije u desnom obodnom (drenažnom) kanalu akumulacije Dubrava, na jednoj postaji u derivacijskom kanalu ispod strojarnice HE Dubrava, na ušću rijeke Bednje u Staru Dravu, na glavnom toku Drave kod mosta na ulazu u Donju Dubravu i u Dravi na ušću Mure. Na svim postajama pronađene su od najmanje dvije do najviše pet vrsta rakova iz redova Amphipoda i Isopoda. Invazivni rakušac *D. villosus* pronađen je na ukupno devet postaja, na svima s barem jednom do najviše četiri autohtone vrste. Najveću relativnu brojnost imao je na tri postaje (St-Dr-0, Dr-DD-1 te Dr-u-M) (Slika 16). Zanimljivo je da je na postaji Drava – ušće Mure (Dr-u-M) *D. villosus* zabilježen zajedno s autohtonim vrstama *G. fossarum*, *G. roeselii*, *S. ambulans* i *A. aquaticus*. Na pet lokacija (St-Dr-3, Bed-u, LOK-1, DOK-1 i DOK-2) *D. villosus* nije pronađen, a na postajama u Staroj Dravi nizvodno od ušća Bednje imao je vrlo malu relativnu brojnost. Svega jedna jedinka vrste *D. villosus* je zabilježena među vrlo brojnim autohtonim rakušcima *G. roeselli* i *G. fossarum* na postaji LOK-2 blizu spoja tog kanala s derivacijskim kanalom. Nešto veći relativni udio *D. villosus* imao je na dvije postaje Stare Drave ispod brane akumulacije Dubrava (Slika 16).



Slika 16. Sastav zajednica rakova, a) apsolutna i b) relativna brojnost, na 14 istraživanih postaja tijekom 2011. godine.

5.2. Sastav zajednica rakova na istraživanim postajama u 2014. godini

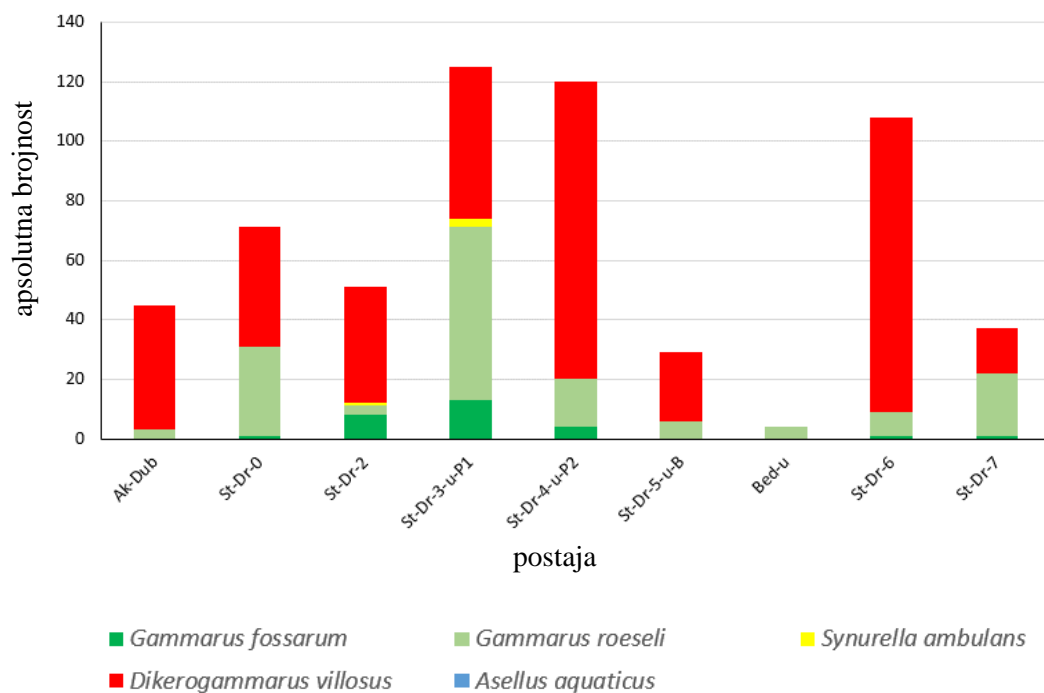


Slika 17. Istraživani dio toka rijeke Drave s osam istraživanih postaja tijekom 2014. godine.

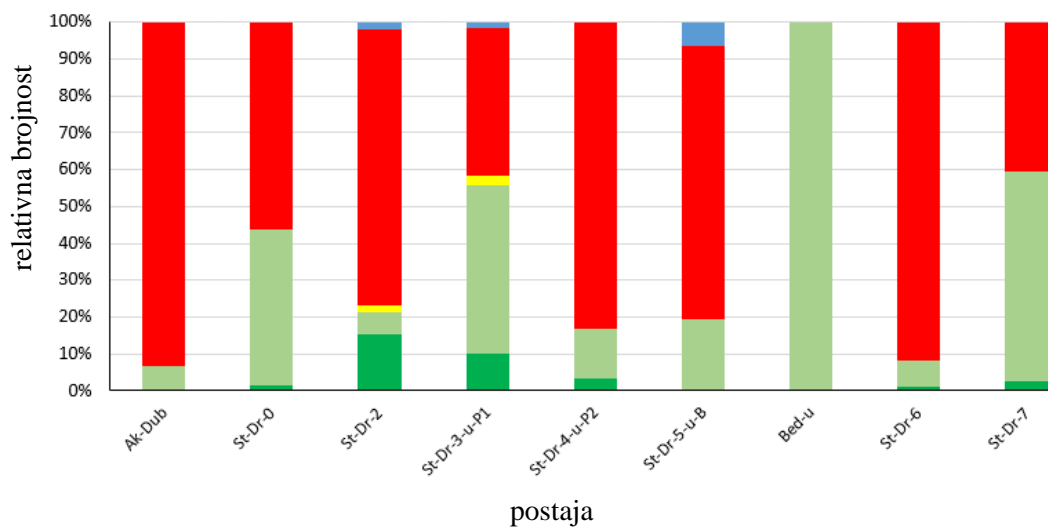
Izvor: dokumentacija mentora izv. prof. dr. sc. Krešimira Žganeca

Tijekom 2014. godine sastav zajednica rakova u bentosu određen je na ukupno devet istraživanih postaja (Slike 17 i 18). Postaja Ak-Dub nalazi se s druge (uzvodne) strane akumulacije Dubrava pa nije označena na karti. Četiri postaje bile su duž Stare Drave, jedna na ušću rijeke Plitvice u Staru Dravu, jedna nedaleko ovog ušća, potom u Staroj Dravi na ušću rijeke Bednje i u Bednji uzvodno od ušća. Na svim postajama pronađene su od najmanje jedne do najviše pet vrsta rakova iz redova Amphipoda i Isopoda. Invazivni rakušac *D. villosus* pronađen je na ukupno osam postaja, na svima s barem jednom do najviše četiri autohtone vrste. Veću relativnu brojnost imao je na dvije postaje (St-Dr-4-u-P2 i St-Dr-6) te se tu nalazi zajedno autohtonim vrstama *G. fossarum* i *G. roeselii* koje su imale manju brojnost (Slika 18). Na čak dvije postaje (St-Dr-2 i St-Dr-3-u-P1) *D. villosus* je zabilježen zajedno s autohtonim vrstama *G. fossarum*, *G. roeselii*, *S. ambulans* i *A. aquaticus*. Na samo jednoj lokaciji (Bed-u) *D. villosus* nije pronađen, a na postajama St-Dr-5-u-B i St-Dr-7 imao je vrlo malu relativnu brojnost. Nešto veći relativni udio *D. villosus* imao je na četiri postaje: Ak-Dub (koja nije na karti, a nalazi se na početku akumulacije Dubrava), dvije postaje Stare Drave ispod i nizvodno brane akumulacije Dubrava te na ušću rijeke Plitvice pod nazivom St-Dr-3-u-P1 (Slika 18). Na svim lokacijama na kojima je *D. villosus* pronađen zajedno je s autohtonom vrstom *G. roeselii* dok im se na još šest lokacija pridružuje i *G. fossarum*. Usporedno s prethodno istraživanom 2011-om, slika bentosa ovog istraživanog dijela toka rijeke Drave uvelike se promijenila. *D. villosus* opasno je prijetio autohtonim vrstama rakušaca.

a)

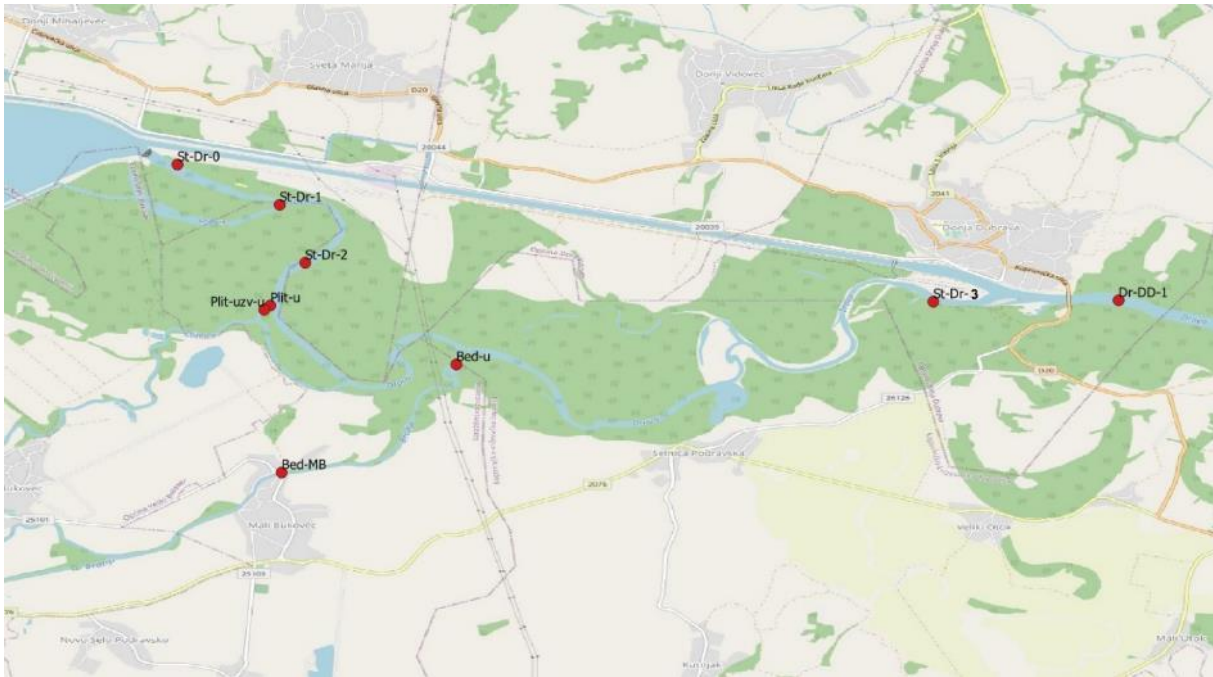


b)



Slika 18. Sastav zajednica rakova, a) apsolutna i b) relativna brojnost, na devet istraživanih postaja tijekom 2014. godine.

5.3. Sastav zajednica rakova na istraživanim postajama u 2016. godini

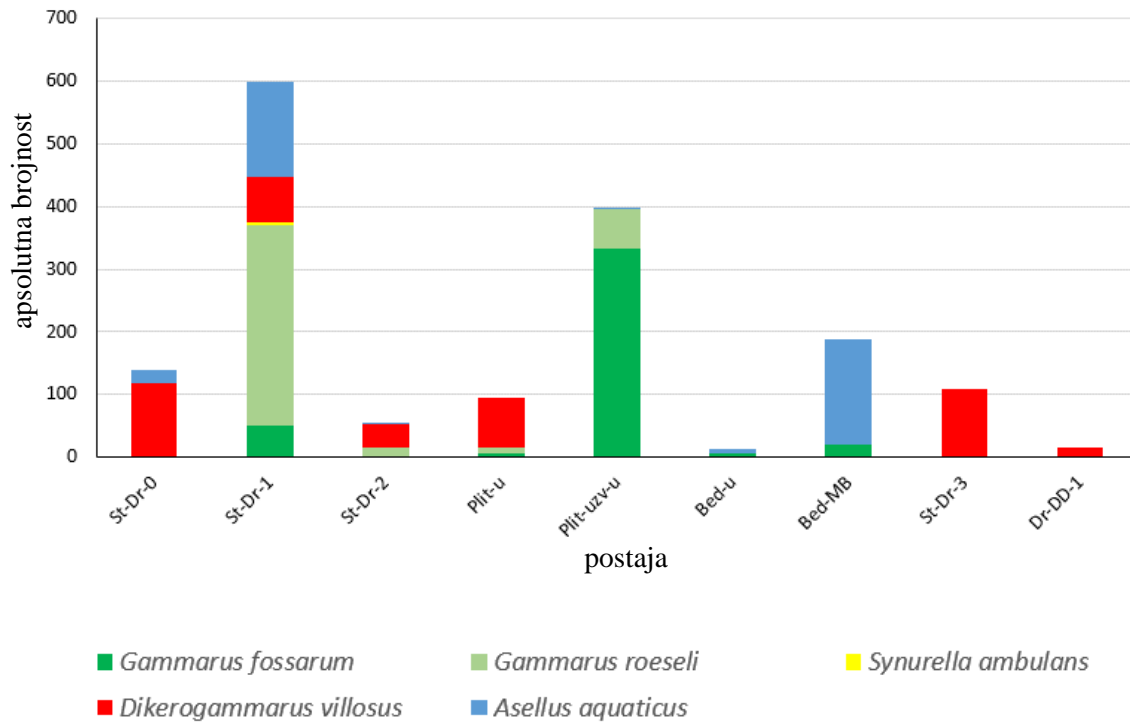


Slika 19. Istraživani dio toka rijeke Drave s devet istraživanih postaja tijekom 2016. godine.

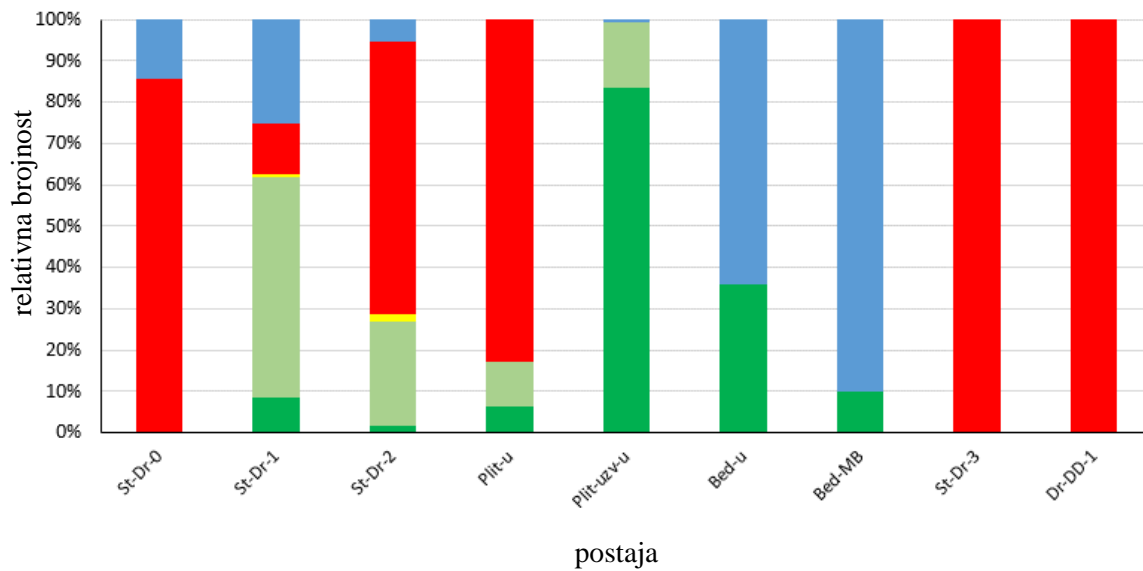
Izvor: dokumentacija mentora izv. prof. dr. sc. Krešimira Žganeca

Tijekom 2016. godine sastav zajednica rakova u bentosu određen je na ukupno devet istraživanih postaja (*Slika 19 i 20*): četiri postaje duž Stare Drave, po jedna na ušću Plitvice i uzvodno od ušća, jedna na ušću Bednje, jedna na rijeci Bednji kod mosta u Malom Bukovcu te jedna na glavnom toku Drave ispod mosta u Donjoj Dubravi. Na svim postajama pronađena je najmanje jedna do najviše pet vrsta rakova iz redova Amphipoda i Isopoda. Invazivni rakušac *D. villosus* pronađen je na ukupno šest postaja. Na dvije postaje pronađen je u sto postotnom relativnom udjelu (St-Dr-3 i Dr-DD-1) dok je na preostale četiri postaje bio u prisustvu dvije do četiri autohtone vrste. Veću relativnu brojnost imao je na četiri postaje (St-Dr-0, St-Dr-1, Plit-u te St-Dr-2) (*Slika 20*). Na dvije postaje (St-Dr-1 i St-Dr-2) je *D. villosus* zabilježen zajedno s autohtonim vrstama *G. fossarum*, *G. roeselii*, *S. ambulans* i *A. aquaticus*. Na tri lokacije (Plit-uzv-u, Bed-u, Bed-MB) *D. villosus* nije pronađen, a na postaji na glavnom toku rijeke Drave kod mosta u Donjoj Dubravi (Dr-DD-1) imao je vrlo malu apsolutnu brojnost. Nešto veći relativni udio *D. villosus* imao je na postaji Stare Drave nizvodno brane akumulacije Dubrava – St-Dr-2 (*Slika 20*).

a)



b)



Slika 20. Sastav zajednica rakova, a) apsolutna i b) relativna brojnost, na devet istraživanih postaja tijekom 2016. godine.

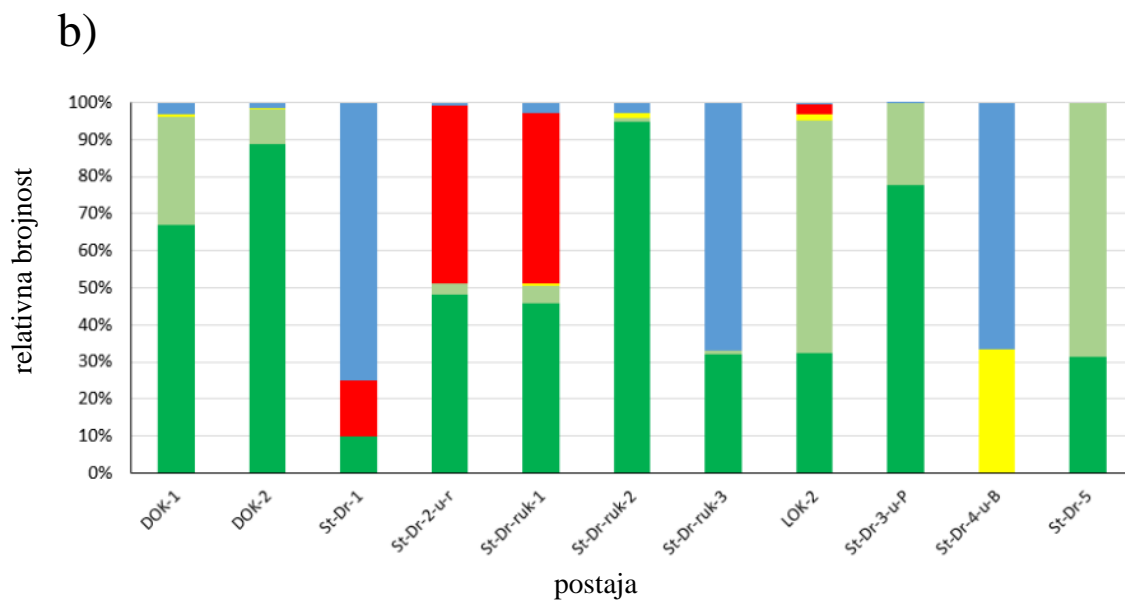
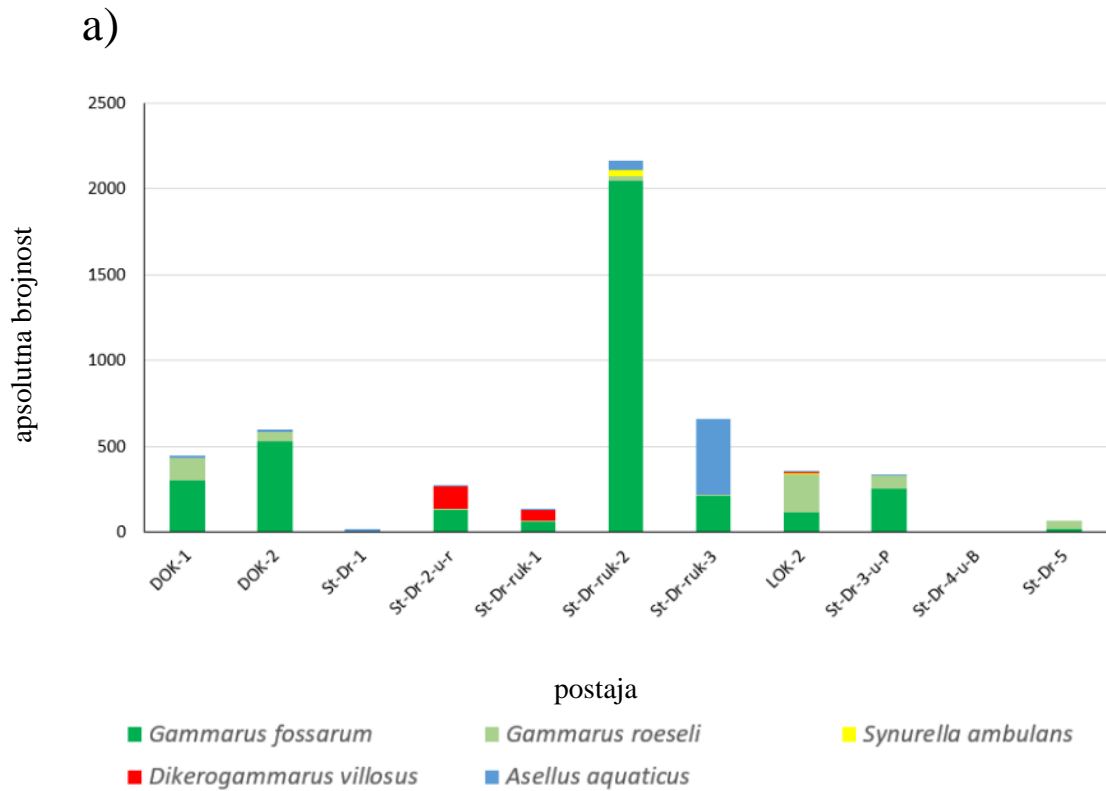
5.4. Sastav zajednica rakova na istraživanim postajama u 2018. godini



Slika 21. Istraživani dio toka rijeke Drave s 11 istraživanih postaja tijekom 2018. godine.

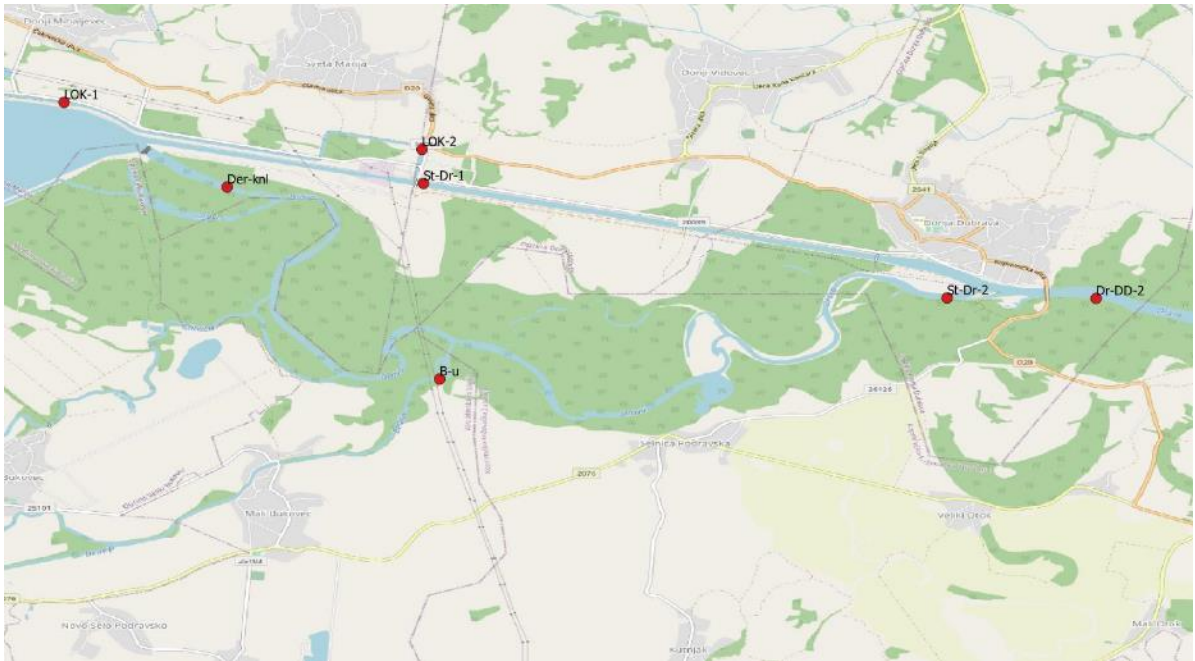
Izvor: dokumentacija mentora izv. prof. dr. sc. Krešimira Žganeca

Tijekom 2018. godine sastav zajednica rakova u bentosu određen je na ukupno 11 istraživanih postaja (*Slike 21 i 22*): dvije postaje duž Stare Drave, tri postaje u desnom rukavcu Stare Drave, jedna na samom ušću desnog rukavca u Staru Dravu, po jedna na ušću rijeka Plitvice i Bednje te dvije u desnom obodnom kanalu i jedna u lijevom obodnom kanalu akumulacije Dubrava. Na svim postajama pronađene su od najmanje dvije do najviše pet vrsta rakova iz redova Amphipoda i Isopoda. Invazivni rakušac *D. villosus* pronađen je na ukupno četiri postaje, na svima s barem dvije do najviše četiri autohtone vrste. Veću relativnu brojnost imao je na ušću desnog rukavca u Staru Dravu (St-Dr-2-u-r, *Slika 22*). Zanimljivo je da je na čak dvije postaje (LOK-2 i St-Dr-ruk-1) *D. villosus* zabilježen zajedno s autohtonim vrstama *G. fossarum*, *G. roeselii*, *S. ambulans* i *A. aquaticus*. Na sedam lokacija (DOK-1, DOK-2, St-Dr-ruk-2, St-Dr-ruk-3, St-Dr-3-u-P, St-Dr-4-u-B i St-Dr-5) *D. villosus* nije pronađen, a na postajama LOK-2 i St-Dr-1 imao je vrlo malu relativnu brojnost. Nešto veći relativni udio *D. villosus* imao je na postaji St-Dr-ruk-1, uzvodno od ušća desnog rukavca u Staru Dravu (*Slika 22*). U 2018. godini sastav zajednica rakova u bentosu istraživanog područja nešto je bolji od 2016. godine s obzirom na prisutnost invazivne vrste *D. villosus*, koja nije zabilježena na pet istraživanih lokacija gdje je se moglo očekivati.



Slika 22. Sastav zajednica rakova, a) apsolutna i b) relativna brojnost, na 11 istraživanih postaja tijekom 2018. godine.

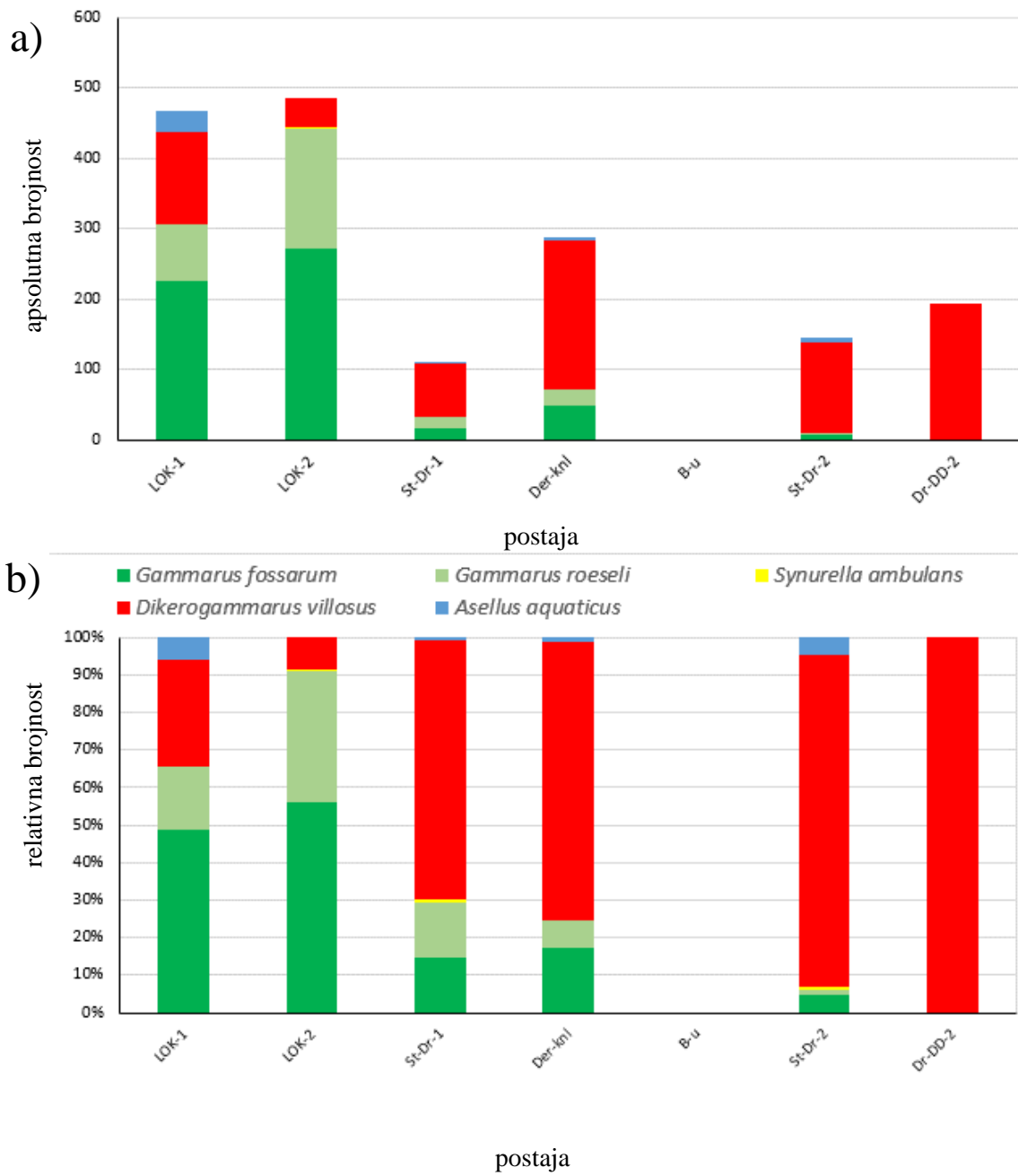
5.5. Sastav zajednica rakova na istraživanim postajama u 2019. godini



Slika 23. Istraživani dio toka rijeke Drave sa sedam istraživanih postaja tijekom 2019. godine.

Izvor: dokumentacija mentora izv. prof. dr. sc. Krešimira Žganeca

Tijekom 2019. godine sastav zajednica rakova u bentosu određen je na ukupno sedam istraživanih postaja (Slika 23 i 24): dvije u lijevom obodnom kanalu akumulacije Dubrava, jedna u derivacijskom kanalu, jedna nizvodno od brane HE Dubrava (St-Dr-1), jedna 400 metara uzvodno od ušća rijeke Bednje u Dravu, jedna kod ušća Stare Drave u glavni tok rijeke Drave te postaja kod u glavnom toku Drave kod mosta u Donjoj Dubravi. Na postaji B-u nije pronađena ni jedna vrsta, na lokaciji Dr-DD-2 zabilježena je samo vrsta *D. villosus* dok je na ostalih pet postaja pronađeno četiri ili pet vrsta rakova iz redova Amphipoda i Isopoda. Invazivni rakušac *D. villosus* pronađen je na ukupno šest od sedam postaja. Na jednoj postaji (Dr-DD-2) u sto postotnom udjelu, dok je na ostalih pet postaja zabilježen zajedno s tri do četiri autohtone vrste. Na postaji LOK-2 imao je nešto manju relativnu brojnost, dok je na svim ostalim postajama imao veću relativnu brojnost od autohtonih vrsta rakova (Slika 24). Na dvije postaje zabilježen je zajedno s četiri autohtone vrste, *G. fossarum*, *G. roeselii*, *S. ambulans* i *A. aquaticus*. U 2019. godini sastav zajednica rakova u bentosu istraživanih postaja obilježen je dominacijom invazivne vrste *D. villosus*.

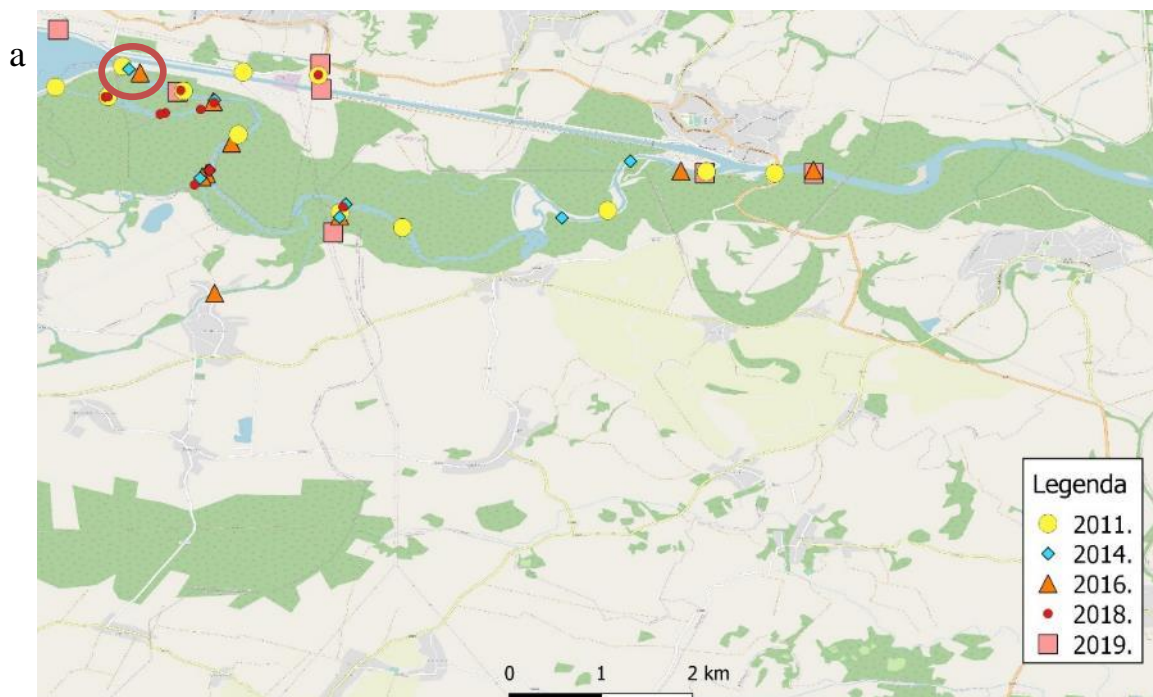


Slika 24. Sastav zajednica rakova, a) apsolutna i b) relativna brojnost, na sedam istraživanih postaja tijekom 2019. godine.

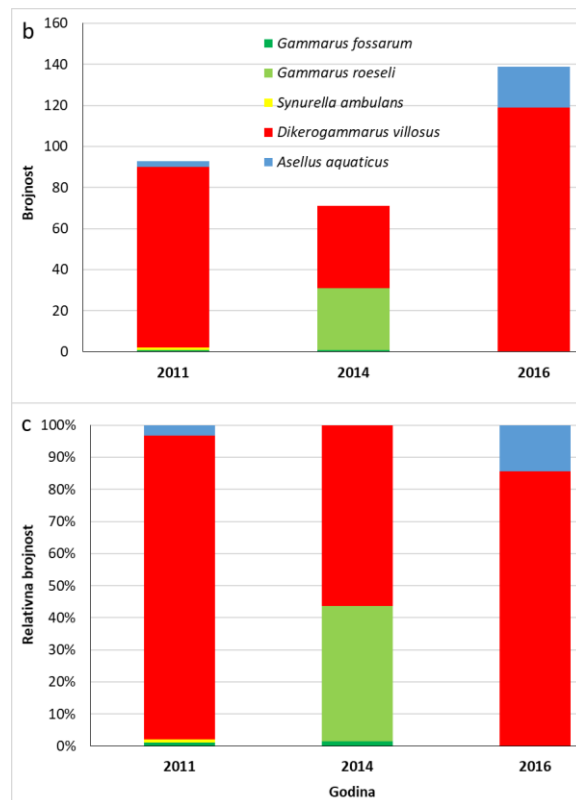
5.6. Usporedba sastava zajednica na postajama gdje je istraživanje provedeno tijekom nekoliko godina

Na nekoliko postaja uzorci su prikupljeni tijekom više godina, a iako se neke postaje ne podudaraju, s obzirom da su vrlo blizu (< 300 m udaljenosti) možemo ih tretirati kao jednu postaju. Tako možemo usporediti sastav zajednica na ukupno osam postaja koje su uzorkovane tijekom više godina (2-4, uglavnom 3 god.).

Prva takva postaja je Stara Drava-0 (Slika 25a) koja se nalazi 100-200 metara nizvodno brane HE Dubrava. Tijekom sve tri godine uzorkovanja (2011., 2014. i 2016.) ovdje je pronađena invazivna vrsta *Dikerogammarus villosus*. Pogledom na grafove apsolutne i relativne brojnosti prikupljenih rakova (Slike 25b i 25c) vidljivo je da tijekom sve tri godine *D. villosus* dominirao, dok je samo u 2014. g. autohtoni rakušac *Gammarus roeselii* bio nešto brojniji. Međutim broj autohtonih vrsta se smanjio s tri vrste (*G. fossarum*, *Synurella ambulans*, *Asellus aquaticus*) u 2011. g. na samo jednu vrstu (*A. aquaticus*) u 2016. g.

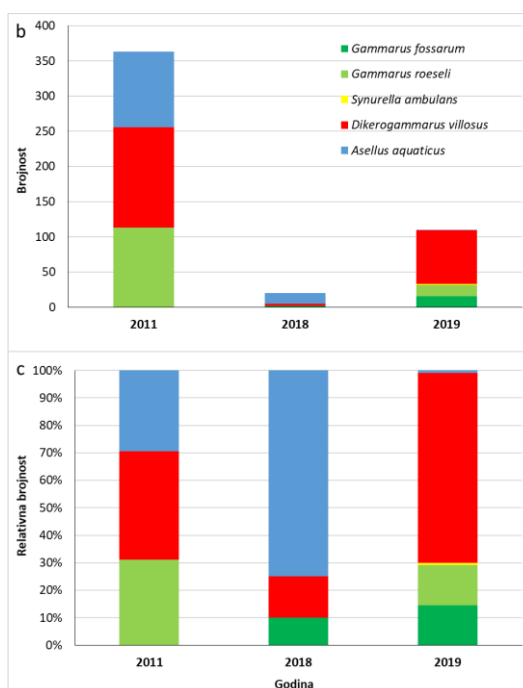
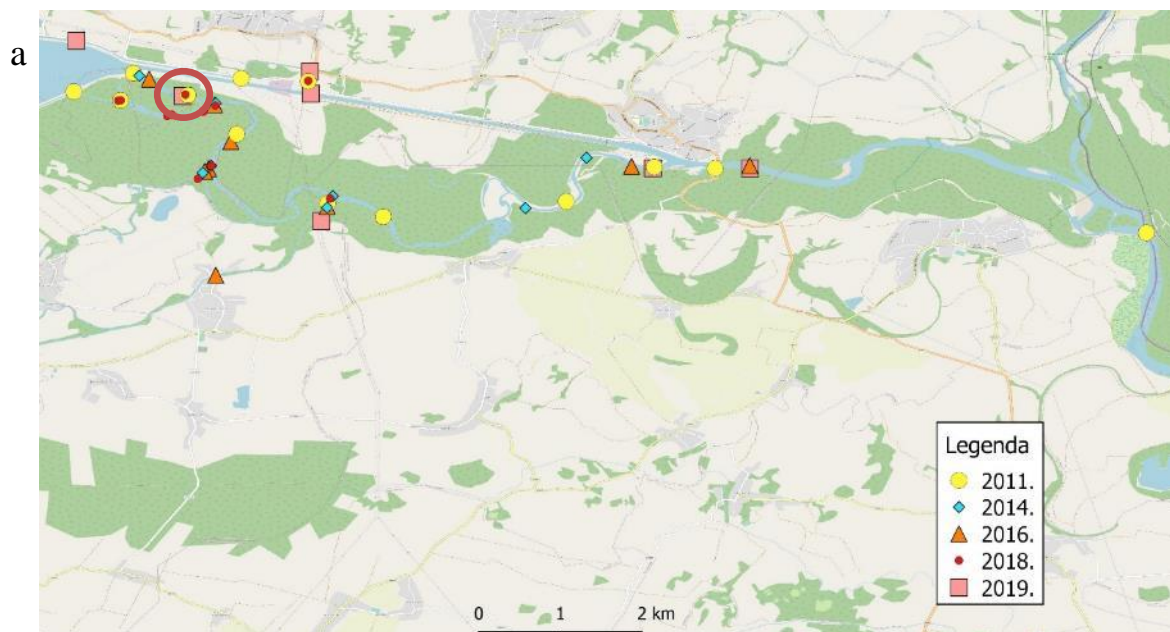


Slika 25. a) Položaj postaje Stara Drava-0 (oko 100-200 m nizvodno brane HE Dubrava) na kojoj je istraživanje provedeno 2011., 2014. i 2016. godine.



Slika 25. b) apsolutna i c) relativna brojnost pet vrsta rakova u bentosu na toj postaji.

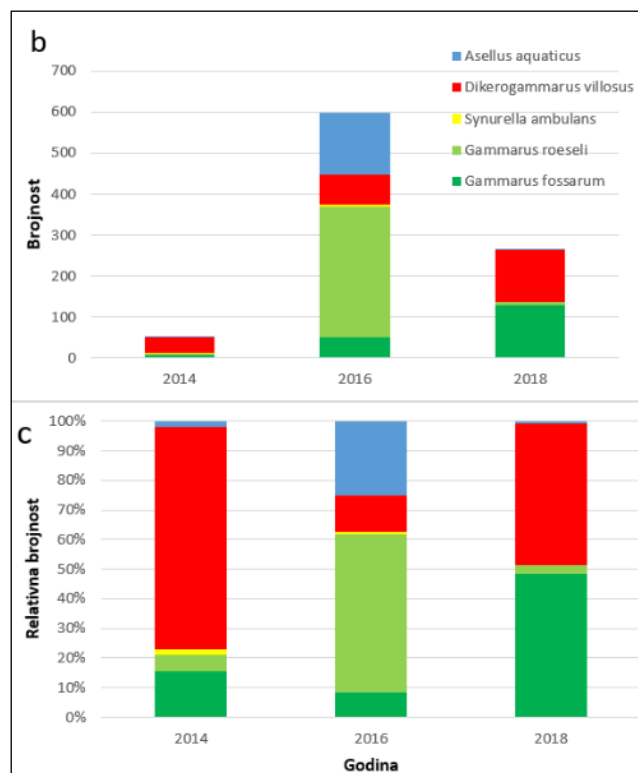
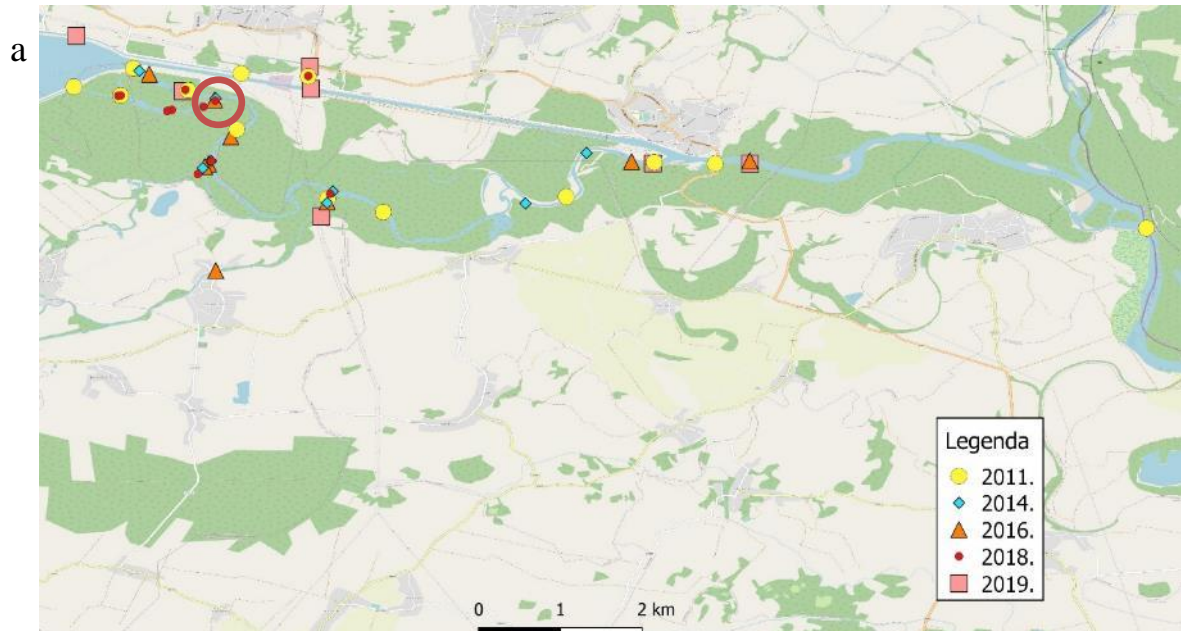
Iduća postaja na kojoj je uzorkovanje provedeno tijekom više godina je Stara Drava-1 (Slika 26a) koja se nalazi oko 800 metara nizvodno brane HE Dubrava. U 2011. godini (Slike 26b i 26c) zabilježena je velika brojnost sve tri zabilježene vrste (*G. roeselii*, *A. aquaticus* i *D. villosus*) koje su imale sličnu relativnu brojnost. Iduće uzorkovanje na ovoj postaji bilo je 2018. godine kada je brojnost svih vrsta drastično i kada jedominirala vrsta *A. aquaticus*. Već iduće, 2019. godine, usprkos dominaciji invazivne vrste *D. villosus* od otprilike 70 %, zabilježene su i tri autohtone vrste rakova (Slika 26b i 26c). Dakle, na ovoj postaji invazivna vrsta *D. villosus* je bila prisutna tijekom cijelog istraživanog razdoblja, a iako nije došlo do nestajanja niti jedne autohtone vrste, *D. villosus* je povećao svoju relativnu brojnost u zajednici rakova.



Slika 26. a) Položaj postaje Stara Drava-1 (oko 800 m nizvodno brane HE Dubrava) na kojoj je istraživanje provedeno 2011., 2018. i 2019. godine te b) apsolutna i c) relativna brojnost pet vrsta rakova u bentosu na toj postaji.

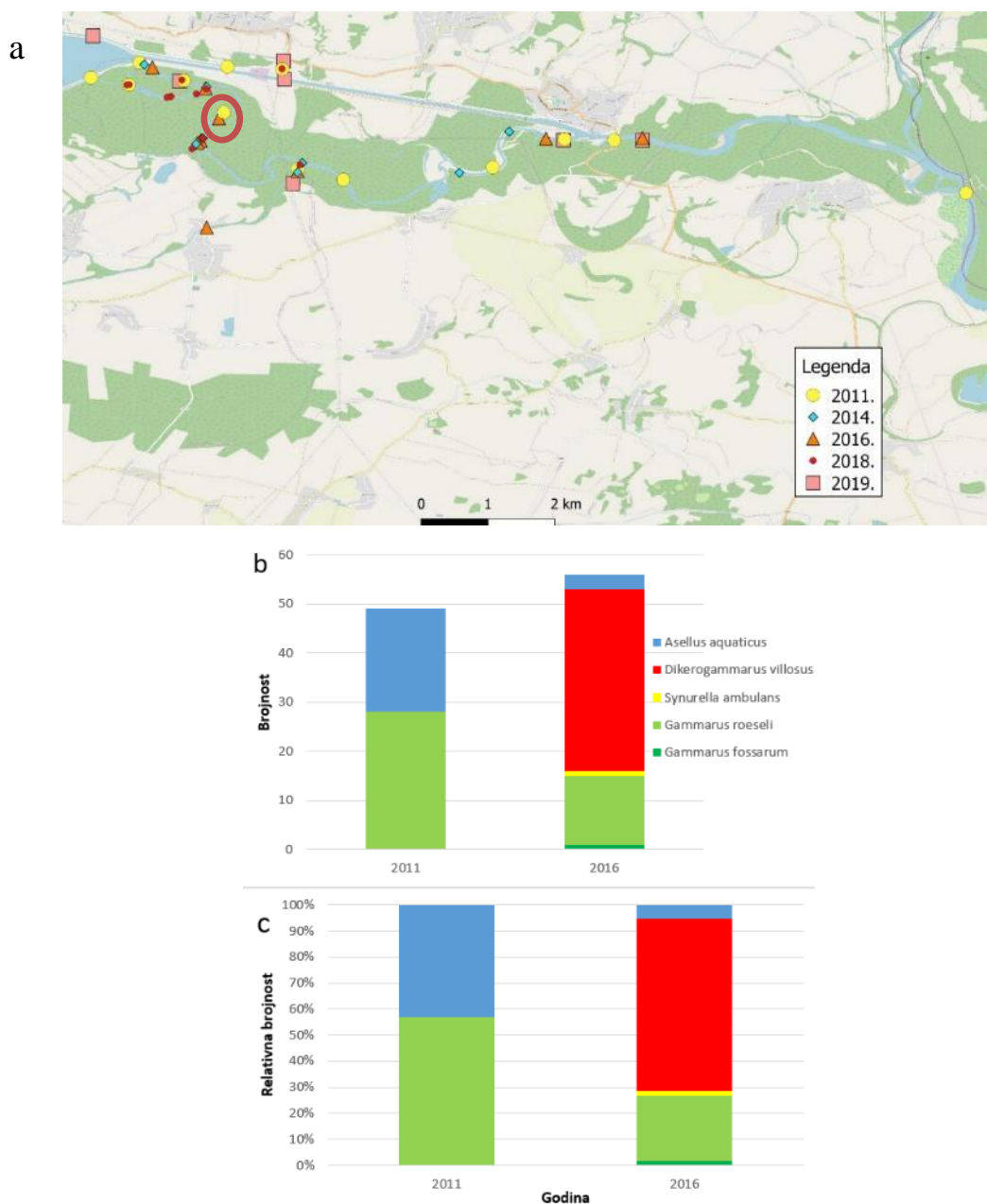
Na postaji Stara Drava-2 (*slika 27a*) koja se nalazi na ušću desnog rukavca u Staru Dravu (oko 1.2 km nizvodno od brane HE Dubrava), uzorkovanje je provedeno 2014., 2018. i 2019. godine (*Slike 27b i 27c*). I ovdje je u sve tri godine pronađena vrsta *D. villosus* zajedno s četiri autohtone vrste. Ukupna brojnost pojedinih vrsta kao i njihova relativna zastupljenost je dosta varirala, pa se ne može istaknuti nekakva pravilnost u promjeni strukture zajednice.

Jedino vrsta *S. ambulans* nije zabilježena 2019. g., no s obzirom da je ona prethodne dvije istraživane godine bila malobrojna, odsutnost ove vrste u 2019. g. vjerojatno je posljedica uzorkovanja.



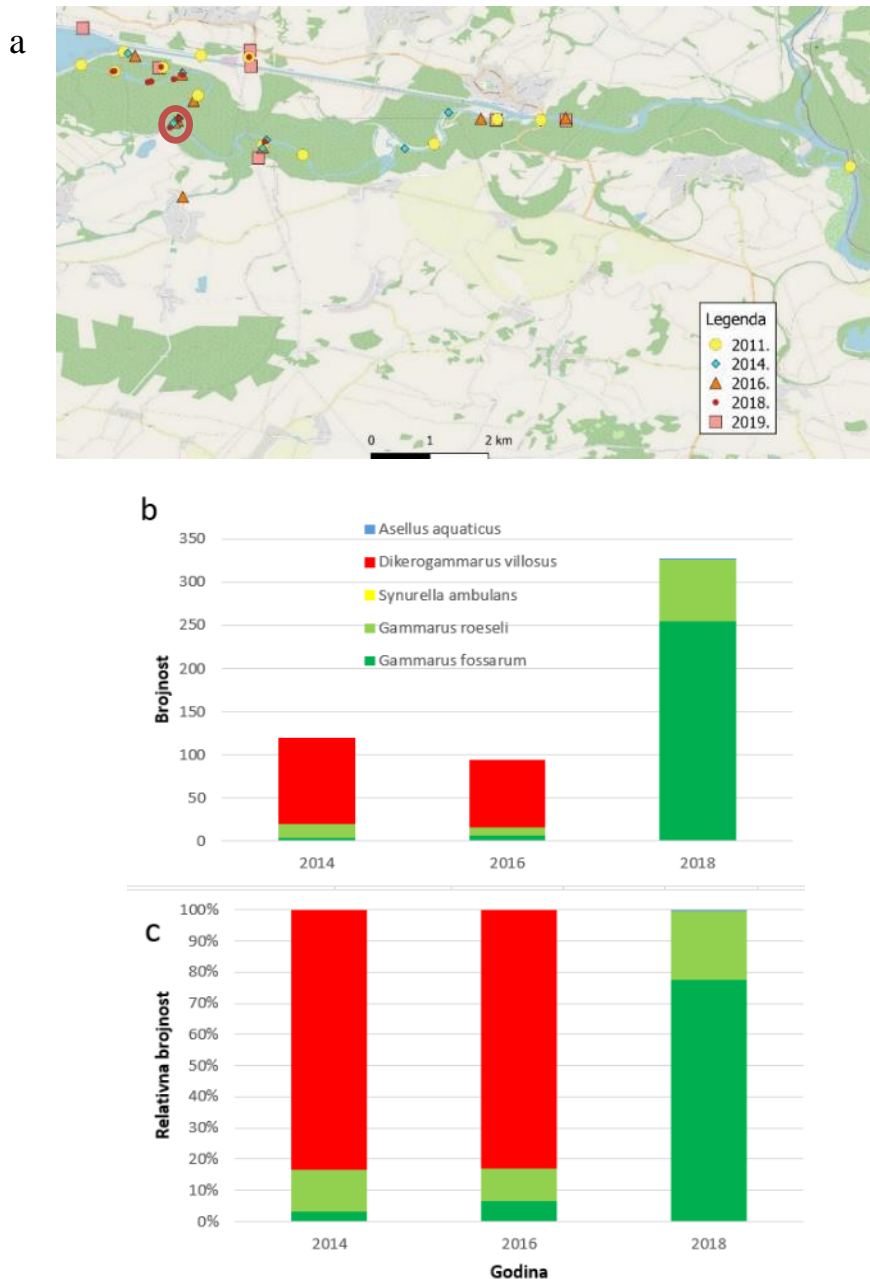
Slika 27. a) Položaj postaje Stara Drava-2 (na ušću desnog rukavca u Staru Dravu) na kojoj je istraživanje provedeno 2014., 2016. i 2018. godine te b) apsolutna i c) relativna brojnost pet vrsta rakova u bentosu na toj postaji.

Na postaji Stara Drava-3 (Slika 28a) koja se nalazi uzvodno od ušća rijeke Plitvice u rijeku Dravu (oko 2.3 km nizvodno od brane HE Dubrava) uzorkovanje je provedeno 2011. godine (Slike 28b i 28c) kada nije pronađena ni jedna jedinka invazivne vrste *D. villosus*, ali već 2016. godine pronađena je u većem postotku naspram ostale četiri autohtone vrste rakova. Dakle, na ovoj postaji invazivna vrsta *D. villosus* je u razdoblju od pet godina uspjela uspostaviti populaciju i počela dominirati u zajednici s četiri autohtone vrste rakova.



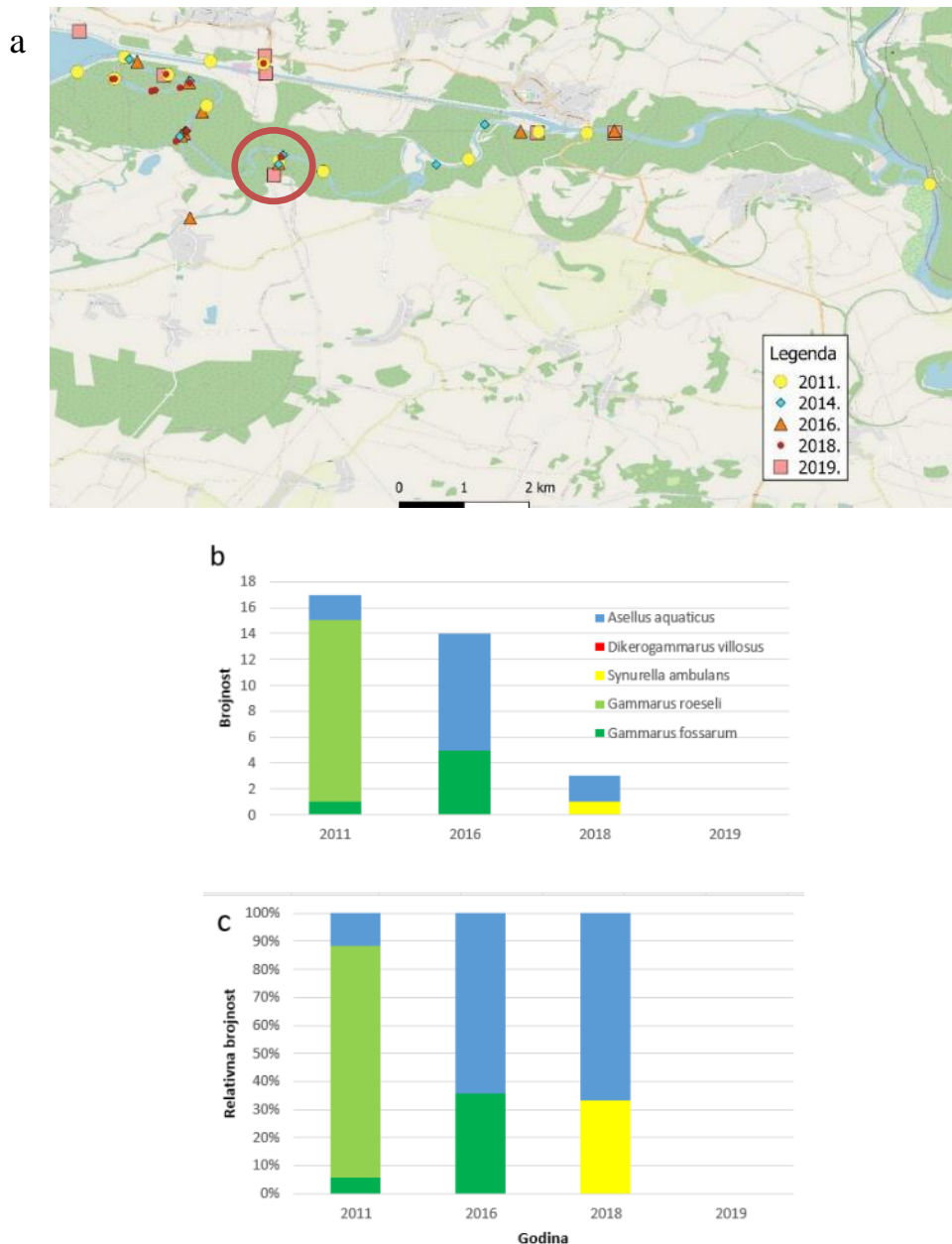
Slika 28. a) Položaj postaje Stara Drava-3 (oko 500m prije ušća Plitvice u Dravu) na kojoj je istraživanje provedeno 2011. i 2016. godine te b) apsolutna i c) relativna brojnost pet vrsta rakova u bentosu na toj postaji.

Sljedeća postaja na kojoj je istraživanje provedeno u tri godine je Stara Drava-4 (slika 29a) koja se nalazi na ušću rijeke Plitvice u rijeku Dravu (oko 2.9 km nizvodno od brane HE Dubrava). Ovaj dio toka izgleda kao ušće rijeke Plitvice u Staru Dravu, no zapravo je stari rukavac u koji se oko 250 m uzvodno ulijeva Plitvica (pa je i njeno pravo ušće tamo). Na ovoj postaji je *D. villosus* od dominacije u 2014. i 2016. godine (Slike 29b i 29c) potpuno nestao u 2018. g. kada su zabilježeni samo autohtoni rakušci *G. fossarum* i *G. roeseli*.



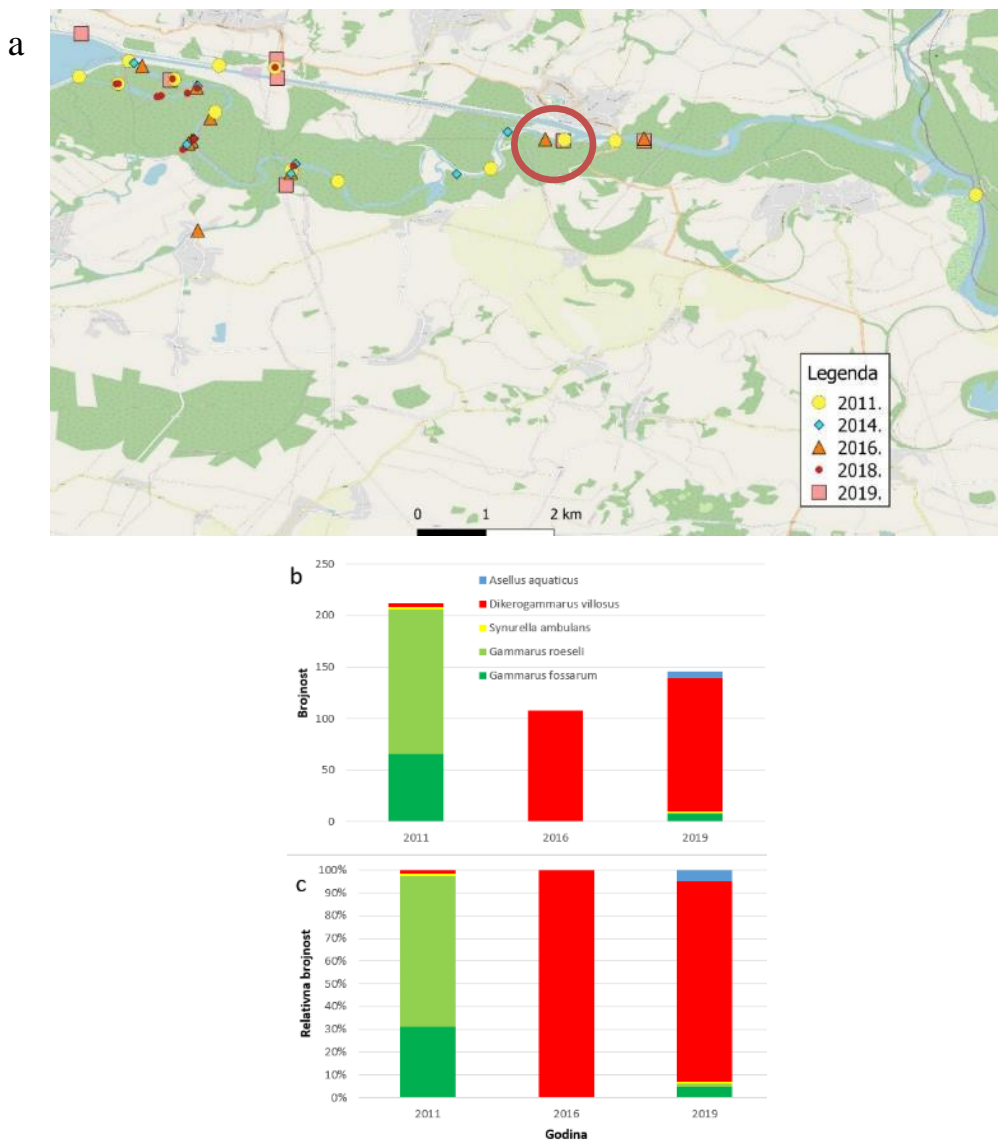
Slika 29. a) Položaj postaje Stara Drava-4 (na ušću rijeke Plitvice u Dravu) na kojoj je istraživanje provedeno 2014., 2016. i 2018. godine te b) apsolutna i c) relativna brojnost pet vrsta rakova u bentosu na toj postaji.

Postaja Bednja-ušće (Slika 30a) nalazi na donjem toku rijeke Bednje oko 200 m uzvodno od ušća u Staru Dravu. Na ovoj postaji istraživalo se kroz tri godine (Slike 30b i 30c) te je brojnost rakova bila mala, zabilježene su samo autohtone vrste. U 2019. godini ni jedna jedinka istraživanih vrsta rakušaca nije pronađena na ovoj postaji. Ni jedne godine nije pronađen invazivni rakušac *D. villosus*. Dobiveni rezultati vrlo vjerojatno su posljedica onečišćenosti donjeg dijela toka rijeke Bednje nizvodno od Ludbrega.



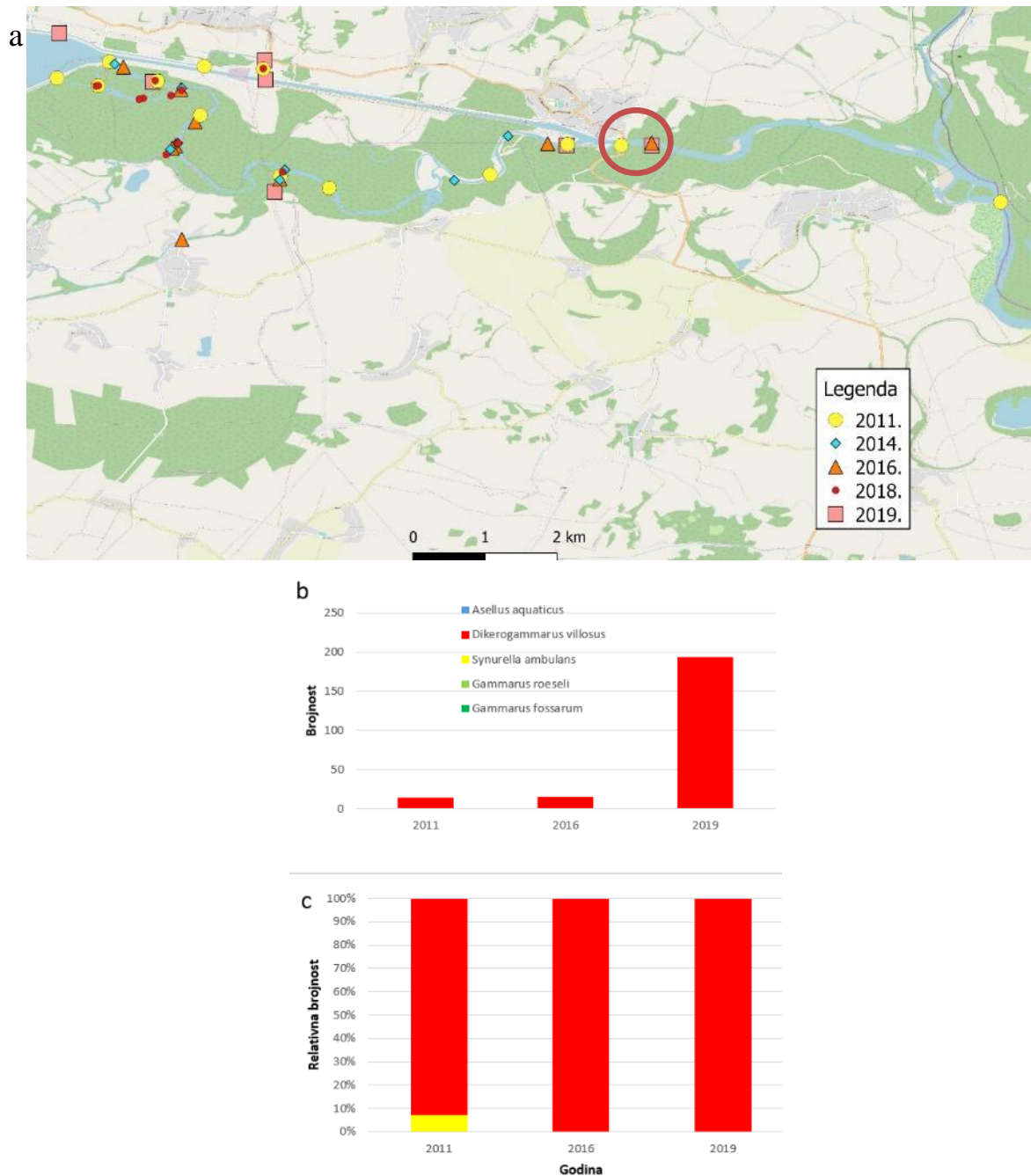
Slika 30. a) Položaj postaje Bednja-ušće (u rijeci Bednji oko 200 m uzvodno od ušća u Staru Dravu) na kojoj je istraživanje provedeno 2011., 2016., 2018. i 2019. godine te b) apsolutna i c) relativna brojnost pet vrsta rakova u bentosu na toj postaji.

Iduća postaja na kojoj je istraživanje provedeno u tri godine je Stara Drava-10 (Slika 31a) koja se nalazi 11.5 km nizvodno od brane HE Dubrava, tj. oko 250 m uzvodno od spoja Stare Drave i derivacijskog kanal HE Dubrava. Na ovoj postaji je došlo do značajne promjene strukture zajednice rakova (Slike 31b i 31c): od vrlo male brojnosti i zastupljenosti invazivnog rakušca *D. villosus* u 2011. g. do njegove dominacije u 2019. g., iako su iste godine zabilježene i sve četiri autohtone vrste. Odsutnost autohtonih vrsta u 2016. g. vjerojatno je posljedica toga što je tada postaja bila malo uzvodno (oko 270 m) te zbog strme obale nije bilo moguće uzorkovati sva dostupna mikrostaništa kao na znatno lakše pristupačnoj nizvodnoj postaji u 2019. g.



Slika 31. a) Položaj postaje Stara Drava-6 (na ušću Stare Drave u glavni tok, uzvodno od mosta Donja Dubrava) na kojoj je istraživanje provedeno 2011., 2016. i 2019. godine te b) apsolutna i c) relativna brojnost pet vrsta rakova u bentosu na toj postaji.

Na postaji Drava-DD (slika 32a) koja se nalazi kod mosta glavne ceste prije ulaska u mjesto Donju Dubravu uzorkovanje je provedeno u 2011. g. te oko 420 m nizvodno od mosta u 2016. i 2019. godini. Ovdje je samo 2011. godine (Slike 32b i 32c) pronađena jedna jedinka autohtone vrste *S. ambulans* u prisustvu *D. villosus*. Ostalih godina pronađen je samo invazivni rakušac *D. villosus*.



Slika 32. a) Položaj postaje Drava-DD (u blizini mosta kod Donje Dubrave) na kojoj je istraživanje provedeno 2011., 2016. i 2019. godine te b) apsolutna i c) relativna brojnost pet vrsta rakova u bentosu na toj postaji.

6. RASPRAVA

Tijekom razdoblja između 2011. i 2019. obavljeno je uzorkovanje rakova na području toka rijeke Drave između Preloga i Legrada u svrhu određivanja prostornih i vremenskih promjena populacija autohtonih rakova nastala zbog invazije rakušca „ubojice“ *Dikerogammarus villosus* (Slika 33) porijeklom iz Ponto-Kaspijskog područja (donji tokovi pritoka Crnog mora i Kaspijskog jezera). Nakon otvaranja kanala Dunav-Majna-Rajna 1992. godine, ovaj se je invazivni rakušac ubrzo proširio transportom brodovima (Casellato, Visentin i La Piaña, 2007) diljem centralne i zapadne Europe (Van den Brink i Van der Velde, 1991; Dick i Platvoet, 2000; Grabowski, Jażdżewski i Konopacka, 2007). Njegovo progresivno širenje predstavlja ozbiljnu prijetnju raznolikosti autohtonih zajednica rakova (rakušaca - Amphipoda i jednakonožnih rakova - Isopoda) (Tricarico, Mazza, Orioli, Rossano, Scapini i Gherardi, 2010). Znajući da uspjeh strane vrste ovisi o njenoj sposobnosti za korištenjem dostupnih staništa (Devin, Piscart, Beisel i Moreteau, 2003) možemo reći da je širenje rakušca *D. villosus* posljedica nekih tipičnih osobina invazivne vrste kao što su: 1) kratko trajanje embrionalnog razvoja i brzi rast, 2) kratko vrijeme jedne generacije, rano spolno dozrijevanje i dugo reproduktivno razdoblje te 3) velik reproduktivni kapacitet (Pöckl 2007, 2009). Proždrljive je naravi obzirom na to da se hrani i makrobekralježnjacima, ali i jajima i ličinkama riba (Dick i Platvoet, 2000; Devin i sur., 2003; Casellato i sur., 2007; Platvoet i sur., 2009). Rakušac *D. villosus* uspješno preživljava u uvjetima širokog raspona temperatura, koncentracije kisika i saliniteta (Bruijs, Kelleher, Van der Velde i Bij de Vaate, 2001). Iako preferira kameniti supstrat može nastanjivati i sve ostale tipove supstrata (kamenje, pijesak, korijenje, makrofite) u čemu mu pomaže i njegova polimorfna pigmentacija (Devin, Bollache, Beisel, Moreteau i Perrot-Minnot, 2004). Zbog agresivnog ponašanja i svih navedenih karakteristika, uzrokuje istiskivanje određenih autohtonih vrsta rakova, prvenstveno rakušaca (Amphipoda), a također i promjene u sustavu invadiranih zajednica kao i prehrambenih mreža u donor regiji (Van der Velde, Leuven, Platvoet, Barcela, Huijbregtsm Hendriks i Kruijt, 2009). Iako je širom svijeta poznat kao rakušac ubojica („killer shrimp“) nije u potpunosti dokazano da je zaista takav predator. Neka laboratorijska istraživanja ukazuju upravo takav ishod (Dick, Platvoet i Kelly, 2002; Boets, Lock, Messiaen i Goethals, 2010), dok terenska istraživanja ne potvrđuju to u potpunosti (Hellman, Worischka, Mehler, Becker, Gergs i Winkelmann, 2015). Proždrljivi je grabežljivac kojem kao plijen mogu biti brojne vrste bentoskih makroskopskih beskralježnjaka (Dick i sur., 2002; MacNeil i Platvoet, 2005; Platvoet i sur., 2009; Boets i sur., 2010). Osim

toga, često ozljeđuje i ubija jedinke spomenutih vrsta bez konzumacije (Dick i sur., 2002), ali kada na nekom području izostane takvih prehrambenih resursa ili druga hrana bude obilnija i dostupnija, rakušac ubojica će se hraniti i detritusom, mikroalgama i strvinama (Dick i sur., 2002; Kley i Maier, 2003; Platvoet, Dick, Konijnendijk i Van der Velde, 2006). Upravo ova sposobnost predatorstva, uz to što je i svejed, pruža mu veliku konkurentsku prednost nad mnogim vrstama rakušaca (Amphipoda) u svim tipovima Europskih slatkovodnih ekosustava (Rewicz i sur., 2014).



Slika 33. Invazivni rakušac ubojica *Dikerogammarus villosus* – na urosomi ima prstasta izbočenja

Izvor: fotografirala Marija Šarec

Rakušac *D. villosus* proširio se u Europu prvenstveno putem srednjeg i južnog koridora (Slika 34). Južni koridor čini rijeka Dunav i Rajna koje su spojene 1992. g. kanalom Majna – Dunav. U rijeci Dunav prvi puta je zabilježen 1926. godine u Mađarskoj (Nesseman, Pöckl i Wittmann, 1995), potom je pronađen 1950. godine u jezeru Balaton (Muskó, 1989). Kasnije je pronađen u Austriji 1989. godine te 1995. u Slovačkoj (Šporka, 1999), dok je u Hrvatskoj u rijeci Dravi pronađen 2007. godine (Žganec i sur., 2009).



Slika 34. Povijest invazije i ruta širenja rakušca *Dikerogammarus villosus* u Europi. Godine označavaju prve nalaze vrste dok zvjezdice označavaju poznate lokacije prirodnog obitavanja.

Izvor: Rewicz i sur., 2014:270

Istraživanje temeljeno na uzorkovanju bentosa rijeka Save, Drave, Kupe i Dunava između 2004. i 2008. godine (Žganec i sur., 2009) pokazuje da je *D. villosus* 2004. godine prevladavao Dunavom duž cijelog toka u Hrvatskoj, dok je u rijeci Dravi od ušća pa do postaje u blizini Virovitice zabilježen kao jedina vrsta rakušaca. Nekoliko kilometara uzvodno pronađen je zajedno s invazivnom vrstom *D. haemobaphes* te autohtonom vrstom *Gammarus roeselii*. Već 2007. godine zabilježen je uzvodno od posljednje točke pronalaska prethodnih godina kod mjesta Novo Virje, dok je 2008. godine u malom broju pronađen uzvodnije na ušću rijeke Mure u Dravu i to zajedno s brojnijim autohtonim vrstama rakušaca (*G. fossarum*, *G. roeselii* i *Synurella ambulans*). Mnoga eksperimentalna istraživanja pokazala su snažan grabežljivi utjecaj vrste *D. villosus* na ostale autohtone i invazivne vrste (Dick i Platvoet, 2000; MacNeil i Platvoet, 2005), no nije utvrđeno na koji način je *D. villosus* istisnuo drugu invazivnu vrstu *D. haemobaphes* na dijelu toka rijeke Drave (Žganec i sur., 2009).

Detaljno istraživanje utjecaja invazivnog rakušca *D. villosus* na autohtone vrste perakaridnih rakova (Amphipoda i Isopoda) u okviru ovog istraživanja provedeno je između 2011. i 2019. godine na području toka rijeke Drave između Preloga i Legrada. Već 2011. godine duž cijelog istraživanog dijela toka pronađena je invazivna vrsta *D. villosus*, dok je na samom ušću rijeka Mure i Drave zabilježen u vrlo velikom broju zajedno sa svega nekoliko jedinki autohtonih vrsta *G. fossarum*, *G. roeselii*, *Synurella ambulans* te autohtonom vrstom Isopoda

Asellus aquaticus. Na postaji 500 metara nizvodno od brane HE Dubrava pronađen je također u većem broju, ali ovaj puta zajedno s brojim autohtonim vrstama *G. roeselii* i *A. aquaticus*. Duž desnog rukavca, ušća Plitvice i Bednje sve do točke 500 metara nizvodno od ušća Bednje, *D. villosus* nije zabilježen 2011. godine. Već 2014. godine vidljivo je proširenje rakušca *D. villosus* i u starom toku rijeke Drave kada je pronađen na svim istraživanim postajama osim na samom ušću rijeke Bednje. Pronađen je i s uzvodne strane akumulacije Dubrava kod Preloga i to u većem broju zajedno sa tri jedinice autohtone vrste *G. roeselii*. Od osam postaja na kojima je zabilježen 2014. g., na njih pet bio je brojniji od autohtonih vrsta, dok je na ostale tri postaje bio zastupljen u sličnom omjeru s drugom vrstom. Uzorkovanje 2016. godine dokazalo je da se rakušac ubojica nije proširio u donji tok rijeka Plitvice i Bednje jer na tri postaje tamo nije zabilježen. Od ostalih šest postaja na dvije je pronađen u potpunoj brojčanoj dominaciji, na tri postaje imao je veću brojnost nego ostale autohtone vrste, dok je na postaji nizvodno od brane HE Dubrava, kod ušća desnog rukavca, pronađen zajedno s brojnijim autohtonim vrstama rakova *G. fossarum*, *G. roeselii* i *A. aquaticus* i malobrojnomo autohtonom vrstom *S. ambulans*. Na istom mjestu u sličnom omjeru pronađen je i 2011. godine zajedno s vrstama *G. roeselii* i *A. aquaticus*. Slično kao i 2016. g., 2018. godine također je dokazano da se nije proširio u rijeku Plitvicu i Bednju, a također nije zabilježen ni u uzvodnim dijelovima toka desnog rukavca. Od ukupno jedanaest postaja na kojima je provedeno ovo istraživanje 2018. g. *D. villosus* je zabilježen na četiri od kojih na dvije postaje u manjem broju u odnosu prema drugim autohtonim vrstama, dok je na dvije postaje pronađen u sličnom omjeru s vrstom *G. fossarum* i to oko ušća desnog rukavca u Staru Dravu kao 2011. i 2016. godine. Uz rakušca *G. fossarum* prisutne su bile i ostale autohtone vrste. I dalje 2019. godine *D. villosus* nije ušao u rijeku Bednju, dok se na rijeci Plitvici nije uzorkovalo. Od ukupno šest postaja na kojima je zabilježena vrsta *D. villosus*, na jednoj je zabilježen u većem broju u potpunosti sam (Drava kod Donje Dubrave). Na tri postaje zabilježen je u većem broju u odnosu na ostale vrste Amphipoda i Isopoda dok je na dvije postaje zabilježen u manjem broju uz veliku brojnost rakušaca *G. fossarum* i *G. roeselii* (Slika 35).



Slika 35. Autohtona vrsta rakušca *Gammarus roeselii* – lako prepoznatljiv po bodljama na stražnjem dijelu tijela.

Izvor: fotografirala Marija Šarec

Na temelju istraživanja od 2011. do 2019. godine vidljivo je da je u glavnom toku Drave *D. villosus* gotovo potpuno istisnuo sve istraživane autohtone vrste (*G. fossarum*, *G. roeselii*, *S. ambulans* i *A. aquaticus*) dok ih na starom toku rijeke Drave *D. villosus* nije istisnuo, već s njima koegzistira. Vrlo je malo takvih ishoda istraživanja. Jedno od njih (Gergs. Schlag i Rothhaupt, 2013) donijelo je zanimljivosti o koegzistenciji vrsta *D. villosus* i *G. roeselii* u Bodenskom jezeru, na različitim mikrostaništima unutar istog ekosustava. U radu se proučavao utjecaj koncentracije amonijaka na ove dvije vrste te je zaključeno da obje različito podnose visoke koncentracije amonijaka u vodi te da rakušac *G. roeselii* ima veću toleranciju na amonijak od rakušca *D. villosus*. Da je moguća koegzistencija ovih dviju vrsta, jedne invazivne, a druge autohtone, prikazano je na istom području 2008. godine (Hesselschwerdt, Necker i Wantzen, 2008) te je zaključeno kako *D. villosus* i *G. roeselii* preferiraju različite vrste mikrostaništa: *D. villosus* bira čvrste kamenite podloge izbjegavajući pijesak dok *G. roeselii* nije pokazivao posebnu preferenciju već nastanjuje mikrostaništa gdje nema invazivne vrste *D. villosus*. Također su uspoređivani usni organi ovih dviju vrsta kako bi se i s te strane utvrdila različitost njihovog hranjenja. Iako obje vrste imaju alate za upotrebu širokog spektra hrane, laboratorijski je dokazano kako je *G. roeselii* više specijaliziran za struganje algi, gljivica i životinja prilijepljenih za kamenje te mljevenje bilja, dok je *D. villosus* više sklon mesožderstvu (Mayer, Maier, Maas i Waloszek, 2009).

Budući da se *Dikerogammarus villosus* i *Gammarus roeselii* razlikuju u više segmenata pretpostavlja se da, ukoliko borave na istom području na kojem ima više izbora za hranu i više vrsta podloga, ne smetaju jedan drugome obzirom na to da vole različite tipove podloga, različito se hrane te su obje vrste tolerantne na razne promjene u vodi pa se pretpostavlja da *D.*

villosus nije istisnuo ostale vrste u Starom toku Drave zbog velike raznolikosti staništa i uvjeta. Kako se u desni rukavac ulijeva drenažni kanal akumulacije Dubrava i uzrokuje promjenu temperaturnog režima u rukavcu, vjerojatno promjena u temperaturi pogoduje suživotu različitih vrsta rakušaca. *D. villosus* nije uspio razviti veliku gustoću populacije u dijelu toka nizvodno od ušća rijeke Bednje zato što je Bednja podosta onečišćena. Iako ovaj invazivni rakušac podnosi umjereno onečišćenje, u rijeci Bednji je onečišćenje od Ludbrega takvo da onemogućuje njegovo preživljavanje kao i preživljavanje ostalih autohtonih vrsta rakušaca. U rijeci Plitvici ga ne možemo naći zbog najčešćeg načina širenja uzvodno, a to je brodovima. Budući da ova mala rijeka nije plovna, izostaje ovakav način rasprostranjenja pa vrlo sporo napreduje uzvodno vlastitim kretnjama, što mu opet daje nekakvu mogućnost prodiranja, ali u ne tako skorije vrijeme. Takav ishod je i u rukavcu gdje se dosta sporim kretnjama ipak širi uzvodno pa mu takva kretanja omogućuje da će u nekoliko godina uspjeti proširiti se nešto uzvodnije i tako kolonizirati cijeli rukavac Drave. Zbog svega navedenog ne očekuje se da će *D. villosus* uspjeti u potpunosti istisnuti autohtone vrste u starom toku rijeke Drave nizvodno od akumulacije Dubrava. Vjerojatno su velika raznolikost mikrostaništa i ekoloških uvjeta koje ovdje postoje glavni razlozi koji omogućuju koegzistenciju autohtonih vrsta rakova s rakušcem *D. villosus* u ovom dijelu toka rijeke Drave.

7. ZAKLJUČAK

Temeljem uzorkovanja pridnenih (bentoskih) zajednica rakova u rijeci Dravi te proučavanja prostornih i vremenskih promjena sastava istih na dijelu toka od Preloga do Legrada od 2011. do 2019. godine, mogu se iznijeti sljedeći zaključci:

- Od posljednjeg istraživanja 2008. godine pa do 2011. godine, *D. villosus* se proširio od ušća Mure uzvodno duž cijelog istraživanog dijela toka.
- Kroz sve ove godine invazivna vrsta rakušca *D. villosus* nije se još proširila u donje dijelove toka rijeka Plitvice i Bednje, iako se nalazi na samim ušćima istih rijeka u toku Stare Drave.
- Rakušac *D. villosus* je 2014. pronađen i na uzvodnoj strani akumulacije Dubrava što je ujedno bila i najuzvodnija točka invazije ove vrste tijekom istraživanog razdoblja.
- Na postaji kod ušća desnog rukavca u Staru Dravu uočeno je da tijekom više godina na tom području rakušac *D. villosus* ima veliku brojnost te da tu dolazi zajedno s autohtonim vrstama rakova (*G. fossarum*, *G. roeselii*, *A. aquaticus*, *S. ambulans*) među kojima su prve dvije vrste također imale veliku brojnost.
- Na većem broju postaja, duž cijelog toka Stare Drave nizvodno od brane HE Dubrava, zabilježen je suživot ove invazivne vrste u zajednici s četiri autohtone vrste rakova, posebice s vrstom *Gammarus roeselii*.
- Tijekom ovog istraživanja dokazano je da invazivni rakušac *D. villosus* nije u potpunosti istisnuo autohtone vrste iz istraživanog dijela toka Stare Drave, ali je na nekim postajama došlo do znatnog povećanja njegove relativne brojnosti u zajednicama rakova.
- Velika raznolikost mikrostaništa i ekoloških uvjeta koji postoje u istraživanom dijelu toka Stare Drave vjerojatno su glavni razlozi koji omogućuju koegzistenciju autohtonih vrsta rakova s invazivnim rakušcem *D. villosus*.

8. POPIS LITERATURE

1. Arbačiauskas, K., Rakauskas, V., Virbickas, T. (2010): Initial and long-term consequences of attempts to improve fish-food resources in Lithuanian waters by introducing alien peracaridan species: a retrospective overview, *Journal of Applied Ichthyology*, 26: 28-37.
2. Becker, J., Ortmann, C., Wetzel, A., M., Koop, J., H., E., (2015): Metabolic activity and behavior of the invasive amphipod *Dikerogammarus villosus* and two common Central European gammarid species (*Gammarus fossarum*, *Gammarus roeselii*): Low metabolic rates may favor the invader. *Comparative Biochemistry and Physiology, Part A*, vol. 191, 119-126.
3. Bij de Vaate, A., Jażdżewski, K., Ketelaars, H. A. M., Gollasch, S., Van der Velde, G. (2002): Geographical patterns in range extension of Ponto-Caspian macroinvertebrate species in Europe. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59(7): 1159-1174.
4. Boets, P., Lock, K., Messiaen, M., Goethals, P., L., M. (2010): Combining data-driven methods and lab studies to analyse the ecology of *Dikerogammarus villosus*. *Ecological Informatics*, 5:133-139.
5. Borza, P. (2011): Revision of invasion history, distributional patterns, and new records of Corophiidae (Crustacea: Amphipoda) in Hungary. *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae*, vol. 57 (1), 78-84.
6. Bruijs, M., C., M., Kelleher, B., Van der Velde, G., Bij de Vaate, A. (2001): Oxygen consumption, temperature and salinity tolerance of the invasive amphipod *Dikerogammarus villosus*: indicator of further dispersal via ballast water transport. *Archiv für Hydrobiologie*, 152: 633-646.
7. Casellato, S., Visentin, A., La Piaña, G. (2007): The predatory impact of *Dikerogammarus villosus* on fish. U: Gherardi, F. (ur), *Biological invaders in inland waters: profiles, distribution and threats*. Springer, Berlin, 495-507.
8. Devin, S., Piscart, C., Beisel, J., N., Moreteau, J.,C., (2003): Ecological traits of the amphipod invader *Dikerogammarus villosus* on a mesohabitat scale. *Archiv für Hydrobiologie*, vol. 158 (1), 43-56.

9. Devin, S., Bollache, L., Beisel, J., N., Moreteau, J., C., Perrot-Minnot, M., J. (2004): Pigmentation polymorphism in the invasive amphipod *Dikerogammarus villosus*: some insights into its maintenance. *Journal of Zoology*, 264: 391-397.
10. Dick, J., T., A., Platvoet, D. (2000): Invading predatory crustacean *Dikerogammarus villosus* eliminates both native and exotic species. *The Royal Society*, 267: 977-983.
11. Dick, J., T., A., Platvoet, D., Kelly, D., W. (2002): Predatory impact of the freshwater invader *Dikerogammarus villosus* (Crustacea: Amphipoda). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 59: 1078-1084.
12. Didham, R. K., Tylianakis, J. M., Hutchison, M. A., Ewers, R. M., Gemmill, N. J. (2005): Are invasive species the drivers of ecological change? *Trends in Ecology and Evolution*, 20: 470-474.
13. European Commission (2014): Prevention and management of the introduction and spread of invasive alien species, Regulation 1143/2014, October 2014.
14. Garvey, J. E., Stein, R., A., Tomas, H., M., (1995): Assessing how fish predation and interspecific prey competition influence a crayfish assemblage. *Ecology*, vol. 75 (2), 532-547.
15. Gergs, R., Schlag, L., Rothhaupt, K., O., (2013): Different ammonia tolerances may facilitate spatial coexistence of *Gammarus roeselii* and the strong invader *Dikerogammarus villosus*. *Biological Invasions*, 15:1783-1793.
16. Grabowski, M., Jażdżewski, K., Konopacka, A. (2007): Alien Crustacea in Polish waters - Amphipoda. *Aquatic Invasions*, 2: 25-38.
17. Grabowski, M., Bacela, K., Konopacka, A. (2007): How to be an invasive gammarid - comparison of life history traits. *Hydrobiologia*, 590: 75-84.
18. Grabowski, G., Bacela, K., Konopacka, A., Jażdżewski, K. (2009): Salinity-related distribution of alien amphipods in rivers provides refugia for native species. *Biological Invasion*, 11: 2107-2117.
19. Gurevitch, J., Padilla, D. K. (2004): Are invasive species a major cause of extinctions?, *Trends in Ecology and Evolution*, 19: 470-474.
20. Habdija, I., Primc Habdija, B., Radanović, I., Špoljar, M., Matoničkin Kepčija, R., Vujčić Karlo, S., Miliša, M., Ostojić, A., Sertić Perić, M., (2011). *Protista – protozoa – metazoa – invertebrata. Strukture i funkcije*. Zagreb: Alfa
21. Havel, J. E., Kovalenko, K. E., Thomaz S. M., Amalfitano, S., Kats, L. B. (2015): Aquatic invasive species: challenges for the future. *Hydrobiologia*, 750: 147-170.

22. Hellmann, C., Worischka, S., Mehler, E., Becker, J., Gergs, R., Winkelmann, C. (2015): The trophic function of *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894) in invaded rivers: a case study in the Elbe and Rhine, *Aquatic Invasions*, 10: 385-397.
23. Hesselschwerdt, J., Necker, J., Wantzen, K., M. (2008): Gammarids in Lake Constance: habitat segregation between the invasive *Dikerogammarus villosus* and the indigenous *Gammarus roeselii*. *Archiv für Hydrobiologie*, 173(3):177-186.
24. Holdrich, D., M., Pöckl, M. (2007). Invasive crustaceans in European inland waters. U: Gherardi, F. (ur) *Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats*. 29-75. Springer
25. Hudina, S., Lucić, A., Lajtner, J., Žganec, K., Gottstein, S., (2009): Invazivne vrste beskralješnjaka u vodotocima Hrvatske. *Hrvatske vode: časopis za vodno gospodarstvo*, vol. 17 (69/70), 281-285.
26. Jażdżewski, K. (1980): Range extensions of some gammaridean species in European Inland waters caused by human activity. *Crustaceana, Suppl.* 6: 84-107.
27. Kinzler, W., Kley, A., Mayer, G., Waloszek, D., (2009): Mutual predation between and cannibalism within several freshwater gammarids: *Dikerogammarus villosus* versus one native and three invasives. *Aquatic ecology* (43), 457-464.
28. Kley, A., Mayer, G. (2003): Life history characteristics of the invasive freshwater gammarids *Dikerogammarus villosus* and *Echinogammarus ischnus* in the river Main and the Main-Donau canal. *Archiv Für Hydrobiologie*, 156:457-469.
29. Kolarić, A, Rojko, I. (2015). *Zlikovci u prirodi: invazivne vrste u Međimurju*. Mursko Središće: Međimurska priroda – Javna ustanova za zaštitu prirode.
30. Kranjčev, R. (1997). Neki predstavnici živog svijeta Drave i njezinog zaobalja. *Podravski zbornik*. (23), 231-244.
31. Lajtner, J., Erben, R., Lucić, A., Maguire, I., Hudina, S., Ivančić, Z., Buhin, J., Tarnik, T. (2007): Sagledavanje rješavanja problema naseljavanja školjkaša *Dreissena polymorpha* na čvrste podloge i pronalaženje metoda za njihovo uklanjanje iz sustava PP HE Sjever. Treće, završno izvješće. Prirodoslovno-matematički fakultet. Zagreb
32. Lóczy, D. (2019): *The Drava River*. Springer Geography
33. Lockwood, J., L., Hoopes, M., F., Marcetti, M., P. (2007): *Invasion ecology*. Oxford: Blackwell publishing.
34. Lucić, A, Lajtner, J, Hudina, S. (2009): Što su invazivne vrste? *Priroda*, vol. 99 (980), 56-58.

35. MacNeil, C., Platvoet, D. (2005): The predatory impact of the freshwater invader *Dikerogammarus villosus* on native *Gammarus pulex* (Crustacea: Amphipoda); influences of differential microdistribution and food resources. *Journal of Zoology*, 267:31-38.
36. Matoničkin, I., Habdija, I., Primc-Habdija, B. (1998): *Beskralješnjaci: biologija nižih avertebrata*, Zagreb: Školska knjiga
37. Maguire, I., Klobučar, G. (2003): Appearance of *Orconectes limosus* in Croatia. *Crayfish News*, 25(3): 7.
38. Maguire, I., Klobučar, G., Marčić, Z., Zanella, D. (2008): The first record of *Pacifastacus leniusculus* in Croatia. *Crayfish News* 30(4): 5-5.
39. Mayer, G., Maier, G., Maas, A., Waloszek, D. (2009): Mouthpart morphology of *Gammarus roeselii* compared to a successful invader, *Dikerogammarus villosus* (Amphipoda). *Journal of Crustacean Biology*, vol. 29 (2): 161-174.
40. Moreno-Leon, M. A., Ortega-Rubio, A. (2009): First record of *Craspedacusta sowerbyi* Lankester, 1880 (Cnidaria: Limnomedusae: Olindiidae) in Mexico (Adolfo Lopez Mateos reservoir), with notes on their feeding habits and limnological dates. *Biological Invasions* 11, 1827–1834.
41. Muskó, I., B. (1989): Amphipoda (Crustacea) in the littoral-zone of Lake Balaton (Hungary) - qualitative and quantitative studies. *Internationale Revue Der Gesamten Hydrobiologie*, 74: 195-205.
42. Nesemann, H., Pöckl, M., Wittmann, K., J. (1995): Distribution of epigeic Malacostraca in the middle and upper Danube (Hungary, Austria, Germany). *Miscellanea Zoologica Hungarica*, 10: 49-68.
43. Obadić I. (2007): Međudnos ljudi i rijeke Drave na području Varaždinske Podravine u novom vijeku. *Radovi Zavoda za znanstveni rad HAZU Varaždin* 18, 301-325.
44. Platvoet, D., Dick, J., T., A., Konijnendijk, N., van der Velde, G. (2006): Feeding on micro-algae in the invasive Ponto-Caspian amphipod *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894). *Aquatic Ecology*, 40:237-245.
45. Platvoet, D., Dick, J. T. A., MacNeil, C., van Reil, M. C., van der Velde, G. (2009): Invader - invader interactions in relation to environmental heterogeneity leads to zonation of two invasive amphipods, *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky) and *Gammarus tigrinus* Sexton: amphipod pilot species project (AMPIS). *Biological Invasions* 11:2085-2093.

46. Pollux, B. J. A., Van der Velde, G., Bij de Vaate, A. (2010): A perspective on global spread of *Dreissena polymorpha*: a review on possibilities and limitations. U: Van der Velde, G., Rajagopal, S., Bij de Vaate, A. (eds), *The Zebra Mussel in Europe*. *Backhuys Publishers*, The Netherlands, Leiden, 45-58.
47. Pöckl, M. (2007): Strategies of a successful new invader in European fresh waters: fecundity and reproductive potential of the Ponto-Caspian amphipod *Dikerogammarus villosus* in the Austrian Danube, compared with the indigenous *Gammarus fossarum* and *G. roeselii*. *Freshwater Biology* 52: 50-63.
48. Pöckl, M. (2009): Success of the invasive Ponto-Caspian amphipod *Dikerogammarus villosus* by life history traits and reproductive capacity. *Biological Invasions*, vol. 11: 2021-2041.
49. Pyšek, P., Richardson, D. M., Pergl, J., Jarosik, V., Sixtová, Z., Weber, E. (2008): Geographical and taxonomic biases in invasion ecology. *Trends in Ecology and Evolution*, 23: 237-244.
50. Rewicz, T., Grabowski, M., MacNeil, C., Bacela-Spychalska, K. (2014): The profile of a 'perfect' invader – the case of killer shrimp, *Dikerogammarus villosus*. *Aquatic Invasions*, vol. 9 (3), 267-288.
51. Režek, D. (2003): Hidroelektrane na Dravi. *Grđevinar* 55(11), 647-653.
52. Ricciardi, A. (2015): Ecology of Invasive Alien Invertebrates. U: Thorp J. H., Rogers, D. C. (ur.) *Ecology and General Biology*. *Thorp and Covich's Freshwater Invertebrates*. 83-91. Cambridge: Academic press.
53. Ricciardi, A., Rasmussen, B. (1998): Predicting the identity and impact of future biological invaders: a priority for aquatic resource management. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 55, 1759-1765.
54. Ruesink, J. L. (2005): Global Analysis of Factors Affecting the Outcome of Freshwater Fish Introductions. *Conservation Biology* 19, 1883-1893.
55. Sala, O.E., Chapin III, F. S., Armesto, J. J., Berlow, E., Bloomfield, J., Dirzo, R., Huber – Sanwald, E., Huenneke, L. F., Jackson, R. B., Kinzig, A., Leemans, R., Lodge, D. M., Mooney, H. A., Oesterheld, M., Poff, N. L., Sykes, M. T., Walker, B. H., Walker, M., Wall, D. H. (2000): Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100, *Science*, 287: 1770-1774.

56. Smith, A. S., Alexander Jr., J. E. (2008): Potential effects of the freshwater jellyfish *Craspedacusta sowerbii* on zooplankton community abundance. *Journal of plankton research*, vol. 30 (12): 1323-1327.
57. Stutzner, B., Bonada, N., Doledec, S. (2007): Biological attributes discriminating invasive from native European stream macroinvertebrates. *Biological invasions*. 10, 517-530.
58. Strayer, D. (2010): Alien species in fresh waters: Ecological effects interactions with other stressors, and prospects for the future, *Freshwater Biology*, 55: 152-174.
59. Sušić, G., Radek, V. (2009): Invazivne strane biljne i životinjske vrste otoka Cresa. *Ekološki glasnik*, vol. 17 (4), 19-40.
60. Šporka, F. (1999): First record of *Dikerogammarus villosus* (Amphipoda, Gammaridae) and *Jaera istri* (Isopoda, Asselota) from the Slovak-Hungarian part of the Danube river. *Biologia - Section Zoology*, 54: 538.
61. Tricarico, E., Mazza, G., Orioli, G., Rossano, C., Scapini, F., Gherardi, F. (2010): The killer shrimp, *Dikerogammarus villosus* (Sowinsky, 1894), is spreading in Italy. *Aquatic invasions*, vol. 5 (2): 211-214.
62. Väinölä, R., Witt, J. D. S., Grabowski, M., Bradbury, J. H., Jażdżewski, K., Sket, B. (2007): Global diversity of amphipods (Amphipoda; Crustacea) in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 241–255.
63. Vaeßen, S., Hollert, H. (2015): Impacts of the North American signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) on European ecosystems. *Environmental Sciences Europe*, vol. 27 (33)
64. Van den Brink, F., W., B., Van der Velde, G. (1991): Amphipod invasion on the Rhine. *Nature* 352: 576.
65. Van der Velde, G., Leuven, R., S., E., W., Platvoet, D., Barcela, K., Huijbregts, M., A., J., Hendriks, H., W., M., Kruijt, D. (2009): Environmental and morphological factors influencing predatory behaviour in invasive non-indigenous gammaridean species. *Biological Invasions*, vol. 11: 2043-2054.
66. Williamson, M. (1996): *Biological invasions*. Chapman & Hall, London, UK
67. Žganec, K., Čuk, R., Dekić, S. (2015): New records of the invasive amphipod *Echinogammarus ischnus* (Stebbing, 1899) in Croatia. *Natuca Croatica*, vol. 24 (2), 247-252.

68. Žganec, K., Čuk, R., Tomović, J., Lajtner, J., Gottstein, S., Kovačević, S., Hudina, S., Lucić, A., Mirt, M., Simić, V., Simčić, T., Paunović, M. (2018): The longitudinal pattern of crustacean (Peracarida, Malacostraca) assemblages in a large south European river: bank reinforcement structures as stepping stones of invasion. *Annales de Limnologie - International Journal of Limnology*, 54:15.
69. Žganec, K., Gottstein, S., Đurić, P. (2010): Distribution of native and alien gammarids (Crustacea: Amphipoda) along the course of the Una river. *Natura Croatica*, vol. 19 (1), 141-150.
70. Žganec, K., Gottstein, S., Hudina, S. (2009): Ponto-Caspian amphipods in Croatian large rivers. *Aquatic invasions*, vol. 4 (2), 327-335.
71. Žganec, K., Lajtner, J., Čuk, R., Crnčan, P., Pušić, I., Atanacković, A., Kralj, T., Valić, D., Jelić, M., Maguire, I. (2020): Alien macroinvertebrates in croatian freshwaters. *Aquatic Invasions*, 15(4): 593-615.
72. URL 1.: http://www.invazivnevrste.hr/?page_id=127 (preuzeto 9. listopada 2020.)
73. URL 2. <https://epodravina.hr/podvodni-svijet-na-jezeru-soderici-podvodnom-kamerom-snimljene-meduze-pogledajte-ekskluzivni-video/> (preuzeto 2. studenog 2020.)
74. URL 3. https://epodravina.hr/podvodni-svijet-na-jezeru-soderici-podvodnom-kamerom-snimljene-meduze-pogledajte-ekskluzivni-video/?meta_refresh=true (preuzeto 2. studenog 2020.)
75. URL 4. <https://lifeinfreshwater.net/freshwater-jellyfish-craspedacusta-sowerbyi/>
76. URL 5. <http://prirodahrvatske.com/2020/02/13/raznolika-trokutnjaca-invazivni-skoljkas-nasih-rijeka/> (preuzeto 4. studenog 2020.)
77. URL 6. <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=181566#distributions> (preuzeto 4. studenog 2020.)
78. URL 7. http://www.iucngisd.org/gisd/100_worst.php (preuzeto 4. studenog 2020.)
79. URL 8. Raziskava razširjenosti signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*) v letu 2018 https://www.gov.si/assets/ministrstva/MOP/Dokumenti/Narava/Invazivne-vrste/Monitoring_Raki_signalnirak2018.pdf
80. URL 9. <https://nas.er.usgs.gov/viewer/omap.aspx?SpeciesID=200> (preuzeto 11. studenog 2020.)

81. URL 10. https://ec.europa.eu/environment/nature/invasivealien/list/index_en.htm
(preuzeto 11. studenog 2020.)
82. URL 11. The IUCN Red List of Threatened Species.
<https://www.iucnredlist.org/species/153648/4526314> (preuzeto 11. studenog 2020.)
83. URL 12. https://www.researchgate.net/figure/Chelicorophium-curvispinum-Photo-by-Michal-Grabowski_fig10_250234160 (preuzeto 11. studenog 2020.)

9. PRILOZI

POPIS TABLICA:

| Tablica | Stranica |
|--|-----------------|
| 1. Broj invazivnih makrobekralježnjaka koji su zabilježeni u velikim slatkovodnim ekosustavima..... | 5 |
| 2. Taksonomska klasifikacija reda Amphipoda (rakušci)..... | 9 |
| 3. Sve istraživane postaje grupirane prema godini istraživanja s oznakama (skraćenicama) prikazanim na kartama te godinama i datumima uzorkovanja..... | 18 |
| 4. Sve istraživane postaje (27) s nazivima, vodotocima na kojima se nalaze, skraćenicama i GPS koordinatama. Postaje koje su bile udaljene manje od 300 m tretirane su kao jedna postaja, dok je za tamnije obojene postaje (9) moguće usporediti sastav zajednice rakova tijekom pojedinih godina istraživanja..... | 19 |
| 5. Brojnost šest vrsta rakova iz redova Amphipoda i Isopoda prikupljenih na svim istraživanim postajama na dijelu toka rijeke Drave (od akumulacije Dubrava do ušće Mure) tijekom pet godina istraživanja od 2011. do 2019. godine..... | 22 |

POPIS SLIKA:

| Slika | Stranica |
|---|-----------------|
| 1. Invazija <i>C. curvispinum</i> 1933.-2009..... | 4 |
| 2. Invazivna slatkovodna meduza <i>Craspedacusta sowerbyi</i> | 6 |
| 3. Invazivna školjka promjenjiva trokutnjača (<i>Dreissena polymorpha</i>)..... | 6 |
| 4. Invazivni deseteronožni rakovi (Decapod): lijevo-signalni rak (<i>Pacifastacus leniusculus</i>) i desno-bodljobradi rak (<i>Faxonius limosus</i>)..... | 7 |
| 5. Uzorak rakušaca iz Drave – dobro je vidljiva bočna spljoštenost tijela rakušaca..... | 9 |
| 6. Vanjski izgled rakušca <i>Gammarus fossarum</i> | 10 |
| 7. Sjeverni (Northern corridor), središnji (Central corridor) i južni koridor (Southern corridor) kojim su se strane vrste rakušaca iz ponto-kaspijskog područja proširile Europom..... | 11 |
| 8. Invazivni rakušac <i>Chelicorophium curvispinum</i> | 12 |

| | |
|--|-----------|
| 9. Tok rijeke Drava od akumulacije Dubrava do ušća Mure sa svim postajama (ukupno 27) na kojima su prikupljeni uzorci rakova u bentosu od 2011. do 2019. godine..... | 17 |
| 10. Sve istraživane postaje (27) tijekom pet godina istraživanja (2011., 2014., 2016., 2018. i 2019. g.). Crveno su prikazane postaje (9) na kojima je moguće usporediti sastav zajednica rakova tijekom više godina. (Dvije postaje Dr-DD-1 i Dr-DD-2 su udaljene oko 400 m i mogu se uspoređivati)..... | 19 |
| 11. Uzorci spremljeni u plastične boce širokog grla..... | 20 |
| 12. Uzorak istresen u plitak plastični podložak..... | 21 |
| 13. Izdvajanje, prebrojavanje i svrstavanje rakušaca golim okom pomoću pincete..... | 21 |
| 14. Prebrojane jedinice rakušaca (Amphipoda) u epruveti..... | 21 |
| 15. Istraživani dio toka rijeke Drave s 14 istraživanih postaja tijekom 2011. godine..... | 23 |
| 16. Sastav zajednica rakova, a) apsolutna i b) relativna brojnost, na 14 istraživanih postaja tijekom 2011. godine..... | 24 |
| 17. Istraživani dio toka rijeke Drave s osam istraživanih postaja tijekom 2014. godine..... | 25 |
| 18. Sastav zajednica rakova, a) apsolutna i b) relativna brojnost, na devet istraživanih postaja tijekom 2014. godine..... | 26 |
| 19. Istraživani dio toka rijeke Drave s devet istraživanih postaja tijekom 2016. godine..... | 27 |
| 20. Sastav zajednica rakova, a) apsolutna i b) relativna brojnost, na devet istraživanih postaja tijekom 2016. godine..... | 28 |
| 21. Istraživani dio toka rijeke Drave s 11 istraživanih postaja tijekom 2018. godine..... | 29 |
| 22. Sastav zajednica rakova, a) apsolutna i b) relativna brojnost, na 11 istraživanih postaja tijekom 2018. godine..... | 30 |
| 23. Istraživani dio toka rijeke Drave sa sedam istraživanih postaja tijekom 2019. godine..... | 31 |
| 24. Sastav zajednica rakova, a) apsolutna i b) relativna brojnost, na sedam istraživanih postaja tijekom 2019. godine..... | 32 |
| 25. a) Položaj postaje Stara Drava-0 (oko 100-200 m nizvodno brane HE Dubrava) na kojoj je istraživanje provedeno 2011., 2014. i 2016. godine..... | 33 |
| 25. b) apsolutna i c) relativna brojnost pet vrsta rakova u bentosu na toj postaji..... | 34 |
| 26. a) Položaj postaje Stara Drava-1 (oko 800 m nizvodno brane HE Dubrava) na kojoj je istraživanje provedeno 2011., 2018. i 2019. godine te b) apsolutna i c) relativna brojnost pet vrsta rakova u bentosu na toj postaji..... | 35 |

| | |
|---|----|
| 27. a) Položaj postaje Stara Drava-2 (na ušću desnog rukavca u Staru Dravu) na kojoj je istraživanje provedeno 2014., 2016. i 2018. godine te b) apsolutna i c) relativna brojnost pet vrsta rakova u bentosu na toj postaji..... | 36 |
| 28. a) Položaj postaje Stara Drava-3 (oko 500m prije ušća Plitvice u Dravu) na kojoj je istraživanje provedeno 2011. i 2016. godine te b) apsolutna i c) relativna brojnost pet vrsta rakova u bentosu na toj postaji..... | 37 |
| 29. a) Položaj postaje Stara Drava-4 (na ušću rijeke Plitvice u Dravu) na kojoj je istraživanje provedeno 2014., 2016. i 2018. godine te b) apsolutna i c) relativna brojnost pet vrsta rakova u bentosu na toj postaji..... | 38 |
| 30. a) Položaj postaje Bednja-ušće (u rijeci Bednji oko 200 m uzvodno od ušća u Staru Dravu) na kojoj je istraživanje provedeno 2011., 2016., 2018. i 2019. godine te b) apsolutna i c) relativna brojnost pet vrsta rakova u bentosu na toj postaji..... | 39 |
| 31. a) Položaj postaje Stara Drava-6 (na ušću Stare Drave u glavni tok, uzvodno od mosta Donja Dubrava) na kojoj je istraživanje provedeno 2011., 2016. i 2019. godine te b) apsolutna i c) relativna brojnost pet vrsta rakova u bentosu na toj postaji..... | 40 |
| 32. a) Položaj postaje Drava-DD (u blizini mosta kod Donje Dubrave) na kojoj je istraživanje provedeno 2011., 2016. i 2019. godine te b) apsolutna i c) relativna brojnost pet vrsta rakova u bentosu na toj postaji..... | 41 |
| 33. Invazivni rakušac ubojica <i>Dikerogammarus villosus</i> – na urosomi ima prstasta izbočenja.. | 43 |
| 34. Povijest invazije i ruta širenja rakušca <i>Dikerogammarus villosus</i> u Europi. Godine označavaju prve nalaze vrste dok zvjezdice označavaju poznate lokacije prirodnog obitavanja..... | 44 |
| 35. Autohtona vrsta rakušca <i>Gammarus roeselii</i> – lako prepoznatljiv po bodljama na stražnjem dijelu tijela..... | 46 |