

# Izlavljanje invazivnega raka trnavca *Faxonius limosus* (Rafinesque, 1817) iz gramoznic ob reki Dravi pod jezom Markovci, Slovenija

## Akcija C.1.4

Avtorji / Authors: Vit Kukulja, Diana Marguč, Luka Mrzelj

Soavtorji / Co-authors: Rok Hamzić

Ljubljana, 22. 4. 2022

[www.natura2000.si](http://www.natura2000.si)



REPUBLIKA SLOVENIJA  
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR



LIFE integrirani projekt za okrepljeno upravljanje Nature 2000 v Sloveniji (LIFE17 IPE/SI/000011) sofinancirajo Evropska unija v okviru programa LIFE, Ministrstvo za okolje in prostor ter partnerji. Za vsebino tega gradiva so odgovorni samo avtorji. Ta vsebina ne odraža nujno mnenja Evropske unije. Zato za vsebino in iz nje izhajajočo morebitno uporabo informacij Evropska izvajalska agencija za podnebje, infrastrukturo in okolje ter Evropska komisija ne prevzemata odgovornosti.



Projekt:	LIFE-IP NATURA.SI: LIFE Integriran projekt za okrepljeno upravljanje Nature 2000 v Sloveniji – LIFE17 IPE/SI/000011
Naloga in akcija:	Akcija C.1.4
Nosilec projekta:	Ministrstvo za okolje in prostor Dunajska 48 SI-1000 Ljubljana
Izvajalec projekta:	Zavod za ribištvo Slovenije Spodnje Gameljne 61 a SI-1211 Ljubljana Šmartno
Odgovorni predstavnik izvajalca:	mag. Aljaž Jenič, univ. dipl. biol.
Avtorji poročila:	Vit Kukulja, mag. biol. in ekol. z naravovar. Diana Marguč, univ. dipl. biol. Luka Mrzelj, dipl. biol. (UN)
Kartografija:	Rok Hamzić, univ. dipl. inž. grad.
Slike:	Zavod za ribištvo Slovenije (razen, kjer je navedeno drugače)
Terensko delo:	Vit Kukulja, mag. biol. in ekol. z naravovar. Diana Marguč, univ. dipl. biol. Luka Mrzelj, dipl. biol. (UN) mag. Aljaž Jenič, univ. dipl. biol. mag. Maša Čarf, univ. dipl. biol. dr. Daša Zabrc, univ. dipl. biol. Danilo Puklavec, univ. dipl. biol. Rok Hamzić, univ. dipl. inž. grad. Urban Žurbi Valentina Pernat, mag. biol. in ekol. z naravovar. Sani Župec, dipl. ekol. z naravov. (UN) Dragan Poje Gaja Mrzelj Erik Zupančič

Terensko delo: Vid Golič  
Številka: 410-3/2019-31  
Datum: 22. 4. 2022

Direktor: Rado Javornik, univ. dipl. inž. kmet.

# Kazalo vsebine

Kazalo slik .....	VI
Kazalo preglednic.....	VIII
Abstract.....	1
Povzetek .....	1
1 UVOD.....	2
1.1 Cilj in namen naloge.....	3
2 TRNAVEC <i>Faxonius limosus</i> R. ....	4
2.1 Sistematika, biologija in ekologija vrste .....	4
3 STRUGA REKE DRAVE .....	7
4 MATERIALI, METODE IN OPIS OBMOČJA ERADIKACIJE TRNAVCA.....	9
4.1 Opis območja eradikacije .....	9
4.2 Metode .....	12
4.2.1 Elektroizlov z nahrbtnim agregatom .....	13
4.2.2 Elektroizlov s čolna.....	14
4.2.3 Lov z roko .....	15
4.2.4 Fizikalno kemijske lastnosti vode v gramoznicah.....	16
4.2.5 Biometrija in označevanje osebkov .....	16
4.2.6 Obdelava podatkov .....	18
5 REZULTATI.....	19
5.1 Primerjava metod .....	19
5.2 Analiza populacijskih parametrov trnavca.....	20
5.2.1 Število ujetih osebkov, razmerje med spoloma in velikost osebkov .....	20
5.3 Velikost in število ujetih osebkov med letoma 2017 in 2021 .....	23
5.4 Število ponovno ujetih osebkov v posameznih gramoznicah v letu 2021 .....	25
5.5 Število ujetih osebkov in razmerje med spoloma po gramoznicah .....	26
5.5.1 Gramoznica 1.....	26
5.5.2 Gramoznica 5.....	28
5.5.3 Gramoznica 7.....	30
5.5.4 Ostale gramoznice .....	32

6 DISKUSIJA.....	33
6.1 Primerjava metod .....	33
6.1.1 Metoda nastavljanja vrš.....	33
6.1.2 Lov z roko .....	33
6.1.3 Elektroizlov.....	33
6.1.4 Število ponovno ujetih osebkov .....	34
6.1.5 Uspeh odstranjevanja trnavcev tekom sezone .....	35
6.1.6 Razmerje med spoloma in velikost ujetih osebkov .....	35
6.1.7 Signalni rak – prva zabeležena najdba pod jezom Markovci.....	37
6.1.8 Načrtovanje uporabe metod v naslednjem letu.....	37
6.1.9 Ozaveščanje .....	38
7 SKLEPI IN ZAKLJUČKI .....	39
8 ZAHVALA.....	41
9 LITERATURA.....	42

## Kazalo slik

Slika 1: Hrbtna stran trnavca z lepo vidnimi rdečimi progami in rjavo-olivno barvo telesa (foto: U. Žurbi, 2021).....	5
Slika 2: Razširjenost raka trnavca v Sloveniji.....	6
Slika 3: Pretoki reke Drave na vodomerni postaji jez Markovci, Ptujsko jezero v letih 2019, 2020 in 2021. Modro obarvana krivulja predstavlja pretok reke Drave v letu 2019, rdeča krivulja v letu 2020, zelena v letu 2021. Vir: Dravske Elektrarne Maribor, 27. 12. 2021.....	7
Slika 4: Poplavljenе gramoznice – pogled od Gramoznice 4 proti Gramoznici 6.....	8
Slika 5: Poplavljenе gramoznice - Gramoznica 4.....	8
Slika 6: Prostorski prikaz vseh gramoznic in reke Drave na območju vzorčenja.....	10
Slika 7: Poplavljenа dostopna pot proti Gramoznici 5.....	12
Slika 8: Primer dnevnega elektroizlova v Gramoznici 2.....	13
Slika 9: Čoln za izvajanje elektroizlova s čolna v Gramoznici 7.....	14
Slika 10: Izvajanje elektroizlova s čolna na Gramoznici 7.....	15
Slika 11: Primer lova z roko v Gramoznici 7.....	15
Sliki 12 in 13: Določanje spola pri trnavcu – samec z gonopodiji (levo) in samica z annulus ventralis (desno).....	16
Slika 14: Prikaz 28 pozicij markiranja na telzonu, uropodu in plevri rakov (povzeto po Zhang Guan, 1997).....	17
Slika 15: Označen osebek trnavca z metodo luknjanja.....	17
Slika 16: Število ujetih osebkov trnavca ter razmerje med spoloma na celotnem vzorčenem območju v letu 2021.....	20
Slika 17: Razmerje med spoloma za posamezen mesec.....	20
Slika 18: Prikaz števila ujetih samcev, ponovno ujetih samcev in ujetih samic trnavca, v letu 2021 v posameznih gramoznicah.....	21
Slika 19: Razmerje med spoloma ujetih osebkov trnavcev po posameznih gramoznicah v letu 2021. V Gramoznicah 2, 4, 8, 10 in v Zatoku je bilo v letu 2021 ujetu majhno število osebkov, zato razmerje med spoloma ni nujno reprezentativno.....	22
Slika 20: Skupno število ujetih osebkov trnavca po gramoznicah za leto 2021.....	22
Slika 21: Razmerje med spoloma v obdobju 2017 – 2021.....	23
Slika 22: Skupno število ujetih osebkov trnavca od leta 2017 do leta 2021. V letu 2021 ni upoštevana enota napora. V grafu so prikazani tudi ponovno ujeti samci, ki smo jih vračali. Z vračanjem samcev smo začeli v letu 2019.....	24

Slika 23: Dolžinsko frekvenčni histogram dolžine (CLR) ujetih osebkov trnavca leta 2017 (slika levo) in leta 2018 (slika desno). .....	25
Slika 24: Dolžinsko frekvenčni histogram dolžine (CLR) ujetih osebkov trnavca leta 2019 (levo) in 2020 (desno). .....	25
Slika 25: Dolžinsko frekvenčni histogram dolžine (CLR) ujetih osebkov trnavca leta 2021. ....	25
Slika 26: Prikaz števila ujetih osebkov trnavca v Gramoznici 1 in povprečna temperatura v posameznem mesecu vzorčenja leta 2021. ....	27
Slika 27: Spolna struktura ujetih osebkov trnavca v Gramoznici 1 v mesecih vzorčenja. ....	27
Slika 28: Signalni rak ujet v Gramoznici 1 dne 16. 9. 2021. ....	28
Slika 29: Prikaz števila ujetih osebkov trnavca v Gramoznici 5 in povprečna temperatura v posameznem mesecu vzorčenja leta 2021. ....	29
Slika 30: Spolna struktura ujetih osebkov trnavca v Gramoznici 5 v mesecih vzorčenja. ....	30
Slika 31: Prikaz števila ujetih osebkov trnavca v Gramoznici 7 in povprečna mesečna temperatura v posameznem mesecu vzorčenja leta 2021. ....	31
Slika 32: Spolna struktura ujetih osebkov trnavca v mesecih vzorčenja v Gramoznici 7. ....	31

## Kazalo preglednic

Preglednica 1: Klasifikacija in uvrstitev vrste v sistem.....	4
Preglednica 2: Poimenovanje vodnih teles na območju izlavljanja trnavca. Prikazana je površina, obseg in koordinati centroida posameznega vodnega telesa.....	11
Preglednica 3: Skupno število ujetih osebkov trnavca po mesecih v vseh gramoznicah skupaj.	19
Preglednica 4: Povprečne vrednosti dolžine glavoprsja z rostrumom (CLR) za ujete samce in samice trnavca v posameznem letu.....	24
Preglednica 5: Število ujetih samcev, označenih samcev, ponovno ujetih samcev in odstranjenih samcev trnavca v Gramoznicah 1, 5 in 7 v letu 2021.....	26

## Abstract

A substantial population with various body length size classes of invasive Spiny-cheek crayfish (*Faxonius limosus*) is known in gravel pits near the Drava River, close to Nova vas pri Markovcih in Slovenia. So far, this is the only known location of this invasive species in Slovenia. Within the LIFE-IP NATURA.SI project (LIFE17 IPE/SI/000011) the Fisheries Research Institute of Slovenia is implementing Spiny-cheek crayfish eradication to prevent the spread of the population to Dravinja River, where the Natura 2000 native qualifying species Stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) is still present. Control measures consist of backpack electro-fishing, electro-fishing from a boat, crayfish trapping, manual capturing of specimens (turning stones, inspecting burrows) and setting artificial hiding places (bricks with holes and ART traps). Fieldwork was performed from early spring till early winter both during daytime and night-time. Every collected specimen was sexed, weighed and measured. Females and juvenile males were humanely killed, while sexually mature males were marked and released back. We captured a total of 1578 specimens in 2021. 632 of the captured specimens were females and 946 were males. Females accounted for 40,8 % and males for 59,2 % of the captured population. In 2021 we also eradicated 6141 crayfish eggs. The sex ratio over the years, since the project is ongoing has changed in favor of males, which shows us that the eradication of female specimens is effective. Laboratory test confirmed the presence of crayfish plague (*Aphanomyces astaci*) in the Slovenian population of spiny-cheek crayfish back in 2019.

## Povzetek

V gramoznicah blizu reke Drave, na območju Nove vasi pri Markovcih, se nahaja precejšnja populacija invazivnih rakov trnavcev (*Faxonius limosus*) z različnimi razredi velikosti telesne dolžine. Zaenkrat je to edino znano nahajališče te invazivne vrste v Sloveniji. Zavod za ribištvo Slovenije v okviru projekta LIFE-IP NATURA.SI (LIFE17 IPE/SI/000011) izvaja metode za izkoreninjenje trnavca za preprečevanje širjenja populacije na reko Dravinjo, kjer se nahaja avtohtona Natura 2000 kvalifikacijska vrsta raka navadni koščak (*Austropotamobius torrentium*). Nadzorni ukrepi so sestavljeni iz elektro ribolova z nahrbtnim agregatom, elektro ribolova s čolna, lova z vršami, ročnega odvzema osebkov (obračanje kamnov, pregledovanje rovdov) in postavitve umetnih skrivališč (opeke z luknjami in ART pasti). Terensko delo je potekalo od zgodnje pomladi do zgodnje zime, tako podnevi kot tudi ponoči. Vsakemu ujetemu primerku je bil določen spol, masa in dolžina. Samice in mladoletne samce smo humano usmrtili, spolno zrele samce pa označili in izpustili nazaj v izvorno gramoznico. Skupno smo v letu 2021 ujeli 1578 osebkov. Od ujetih osebkov je bilo 632 samic in 946 samcev. Samice so predstavljale 40,8 %, samci pa 59,2 % ujete populacije. V letu 2021 smo odstranili tudi 6141 jajčec rakov. Razmerje med spoloma se je skozi leta, odkar projekt poteka, spremenilo v korist samcev, kar nam kaže, da je odstranjevanje samic učinkovito. Laboratorijski test je že leta 2019 potrdil prisotnost račje kuge (*Aphanomyces astaci*) v slovenski populaciji trnavcev.

# 1 UVOD

Leta 2015 je bil v gramoznicah ob Dravi odkrit severnoameriški sladkovodni rak trnavec (*Faxonius limosus*). Najdena je bila številčna populacija z osebki različnih velikostnih razredov (Govedič in sod., 2015). Izvorna populacija in način vnosa še danes ostajata neznanka. Glede na dejstvo, da se lokacija najdbe trnavca v Sloveniji nahaja 300 km gorvodno od znanega območja razširjenosti na Hrvaškem v narodnem parku Kopački rit (Maguire in sod., 2003), 250 km dolvodno od območja razširjenosti v Avstriji v Belem jezeru (Weinländer in sod., 2019) in 107 km zračne razdalje od območja razširjenosti v Blatnem jezeru na Madžarskem (Sepros in sod., 2018), Govedič (2017) sklepa, da gre za namerno naselitev. Do danes so gramoznice ob Dravi edina lokacija najdbe trnavca v Sloveniji.

Evropska komisija je 13. julija 2016 sprejela Izvedbeno uredbo Komisije (EU) 2016/1141 o sprejetju seznama invazivnih tujerodnih vrst, ki zadevajo Evropsko Unijo. Izvedbena uredba je stopila v veljavo 3. avgusta 2016. Drugič je bil seznam vrst razširjen in spremenjen 25. julija 2019 z Izvedbeno uredbo Komisije (EU) 2019/1262 o spremembi Izvedbene uredbe (EU) 2016/1141 z namenom posodobitve seznama invazivnih tujerodnih vrst, ki zadevajo Unijo, z veljavnostjo od 15. avgusta 2019 dalje. Za vse vrste, ki so na seznamu Unije, veljajo najstrožji ukrepi za preprečitev širjenja. Vse te vrste je prepovedano vnašati v Unijo, razmnoževati, gojiti, prevažati, kupovati, prodajati, uporabljati, izmenjevati, posedovati ali jih izpustiti v okolje (Kus Venvlieet in Venvlieet, 2016).

Uredba je namenjena blaženju posledic vpliva tujerodnih vrst, ki povzročajo škodo biotski raznovrstnosti. Gre za tiste vrste, s katerimi je bilo s podrobnimi presojami tveganja ugotovljeno, da imajo izrazito negativne vplive in je zanje smiselno uvesti najstrožje ukrepe na ravni Evropske unije (Thuja, spletna stran, <http://www.tujerodne-vrste.info>).

Trnavec je kot invazivna tujerodna vrsta uvrščen na seznam Uredbe Komisije (EU) 2016/1141. Populacije te vrste zaradi medvrstne kompeticije ter prenašanja različnih sevov povzročitelja bolezni, t.i. račje kuge, resno ogrožajo populacije domorodnih vrst rakov. Gramoznice, ki jih naseljuje trnavec, se nahajajo v bližini izlivnega dela Dravinje. V porečju Dravinje je prisotna tudi domorodna varstveno kvalifikacijska vrsta raka koščaka (*Austropotamobius torrentium*). Potencialna razširitev trnavca v Dravinjo predstavlja veliko grožnjo koščaku, zato je ključnega pomena čim hitrejše ukrepanje z intenzivnim odstranjevanjem osebkov za preprečevanje razširjanja trnavca na območje rek Drave in Dravinje. Ker gre po do sedaj znanih podatkih zaenkrat še za ozko lokalizirano populacijo, ob hitrem ukrepanju najverjetneje še obstaja možnost preprečevanja širjenja, zato je Zavod za ribištvo Slovenije (v nadaljevanju ZZRS) v letu 2017 pričel z izvajanjem ukrepov na območju razširjenosti.

## 1.1 Cilj in namen naloge

Cilj ukrepa izlavljanja trnavca je zmanjšanje populacijske gostote z intenzivnim odstranjevanjem osebkov trnavca ter s tem omejevanje aktivnega razširjanja invazivne tujerodne vrste (trnavec) na Natura 2000 območje Dravinja s pritoki (SI3000306), kjer je kvalifikacijska vrsta navadni koščak (*Austropotamobius torrentium*). Akcija se izvaja z intenzivnim terenskim delom, ki zahteva uporabo kombinacije različnih metod, kot so izlovi z vršami, izlovi z elektroagregati, ročno pobiranje osebkov in elektroribolov s čolna. Terensko delo smo leta 2021 izvajali od februarja do decembra. Intenzivno izlavljanje poteka v obdobju večje aktivnosti vrste, in sicer od aprila do novembra v odvisnosti od vremenskih razmer.

## 2 TRNAVEC *Faxonius limosus* R.

### 2.1 Sistematika, biologija in ekologija vrste

Rak trnavec, znanstveno poimenovan *Faxonius limosus* (Rafinesque, 1817), do nedavnega tudi *Orconectes limosus*, je manjši rak, ki zraste do 12 cm (Crandall in sod., 2017). Telo trnavca je svetlo do temno rjavo ali olivno zeleno obarvano. Na straneh sprednjega dela koša so številni trni (od tod ime vrste), preostali del koša je razmeroma gladek. Koš trupa se na hrbtu ne stika. Na konicah škarij ima trnavec oranžne lise, ki so bolj izrazite pri mladih osebkih (Kus Venvlieet, 2013). Spolno zrelost lahko hitro rastoči posamezniki dosežejo že v prvem letu. Paritveno obdobje navadno nastopi jeseni in lahko traja vse do konca pomladi (Burič in sod., 2013; Holdich in Black, 2007). Povprečna življenjska doba je dve leti, doživijo pa lahko tudi 4 leta (Alridge, 2016). Samice imajo v specifičnih razmerah sposobnost fakultativne apomiktične partenogeneze (Buřič in sod., 2013). To pomeni, da ima v primeru, ko ni prisotnih samcev ali se le ti niso sposobni pariti, samica še vedno potomce. Pri tem tipu razmnoževanja samica proizvede manjše število jajčec, umrljivost izleženih osebkov je večja, vsi potomci pa so njeni kloni – t. j. samice (Burič in sod., 2011).

*Preglednica 1: Klasifikacija in uvrstitev vrste v sistem.*

Znanstvena klasifikacija		
Klasifikacija	Latinsko	Slovensko
Kraljestvo	Animalia	Živali
Deblo	Arthropoda	Členonožci
Poddeblo	Crustacea	Raki
Razred	Malacostraca	Višji raki
Red	Decapoda	Raki deseteronožci
Družina	Cambaridae	Cambaridae
Rod	<i>Faxonius</i>	Faxonius
Vrsta	<i>Faxonius limosus</i>	trnavec

Trnavec naseljuje nižinske reke, potoke, kanale, tudi ribnike in jezera, najdemo ga celo v brakičnih vodah (Kus Venvlieet, 2013). Odrasli osebki prenašajo nizke temperature, sušne razmere in onesnaženja. V račinah, izkopanih v brežine, lahko odrasli osebki v dormantnem stanju preživijo tudi daljša sušna obdobja (Alridge, 2016). Trnavec je vsejed, v večji meri odrasli osebki uživajo rastlinsko hrano, kot so makrofiti, korenine in filamentozne alge (Tricarico, 2019). Velik del prehrane trnavca predstavlja detrit, manjši delež pa hrana živalskega izvora (bentoški nevretenčarji, ribje ikre, mehkužci, zooplankton). Juvenilni osebki, ki v prvem letu intenzivno rastejo, zaužijejo večji delež živalske hrane (Vojkóvská in sod., 2014).

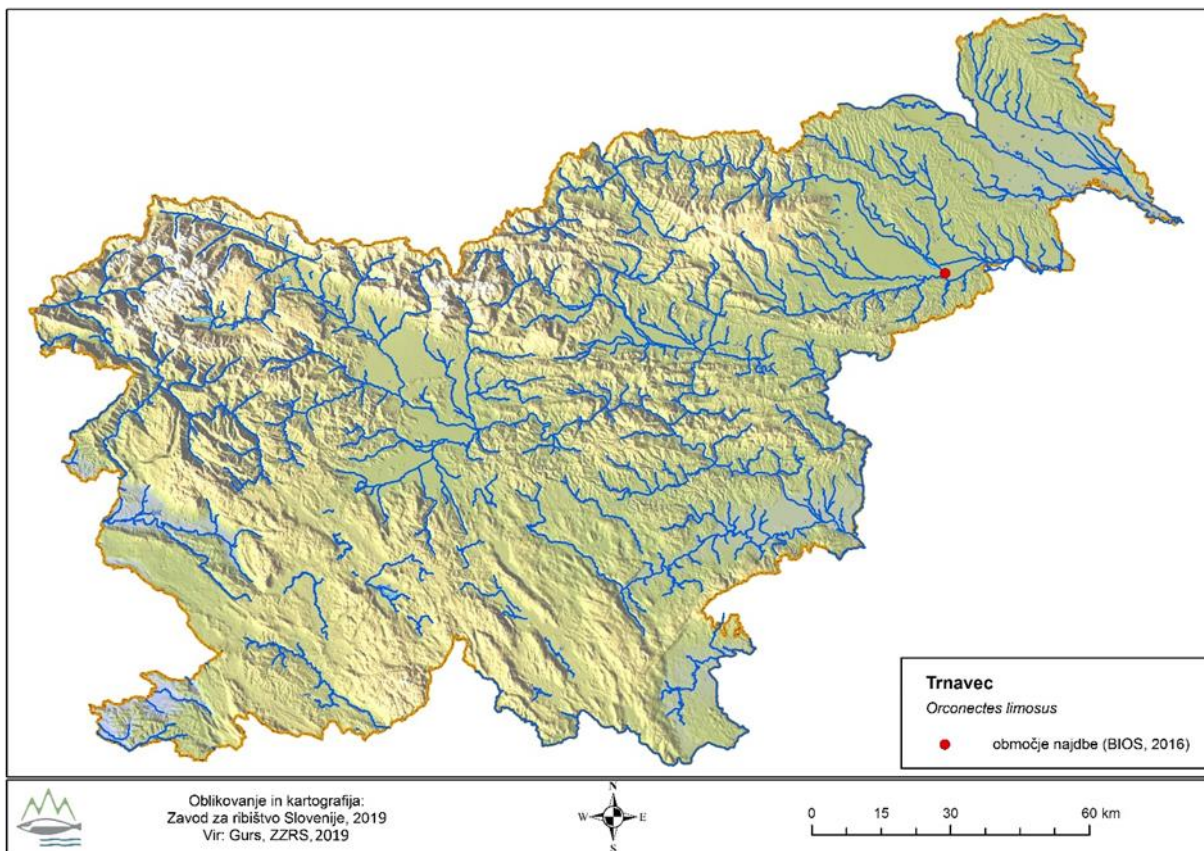


Slika 1: Hrbtna stran trnavca z lepo vidnimi rdečimi progami in rjavo-olivno barvo telesa (foto: U. Žurbi, 2021).

Vrsta izhaja iz SV dela Severne Amerike. V Evropo je bil načrtno vnesen leta 1890 na Poljsko, kamor so naselili 90 osebkov (Filipova in sod., 2011) z namenom nadomestitve izgub domorodnih jelševcev (*Astacus astacus*), ki so podlegli račji kugi *Aphanomyces astaci* (Holdich in Black, 2007). Od tam se je trnavec namerno ali nenamerno širil po celotni Evropi; do danes je potrjen že v 24 evropskih državah (IUCN, 2021).

V Evropi je trnavec invaziven zaradi dobre prilagodljivosti na različne okoljske razmere (fizikalno-kemijski parametri, podnebje, habitat...). Zaradi široke ekološke valence nima težav pri izbiri habitatov; vrsta je generalist. Trnavec je izrazit »r strateg« z visokim reproduktivnim potencialom in hitro rastjo. Sposobnost apomiktične partenogeneze samic še dodatno pripomore k večji invazivnosti (Kozak in sod., 2015). Vrsta je prehranski oportunist, zato običajno nima težav pri iskanju virov hrane. Zaradi lastnosti, kot so visok reprodukcijski potencial, generalizem, dobra prilagodljivost in s tem povezana kompeticija z drugimi vrstami in nenazadnje prenašanje bolezni, lahko ta vrsta negativno vpliva na okolje, kar se odraža v spremembi trofičnih nivojev, ekosistema in habitatov, s tem pa posledično ogroža avtohtone vrste in zmanjšuje naravno biotsko raznovrstnost (Burič in sod., 2009, Kozak in sod., 2007). Prav tako s kopanjem račin povzroča erozijo brežine, s tem pa vpliva na spremembo hidromorfologije, kar lahko vodi v poškodbe infrastrukture. Negativen vpliv lahko ima tudi na ribogojstvo in ribištvo (Hirsch in sod., 2015). Za prehrano človeka trnavec ni zanimiva vrsta (Šmietana in sod., 2020). Vnos trnavca izven območja

naravne razširjenosti je lahko posledica naključnega ali namernega in nezakonitega mednarodnega vnosa. Nadzor in preprečevanje širjenja vrste sta zahtevna in predstavljata velik finančni zalogaj (Mrzelj in sod., 2020).



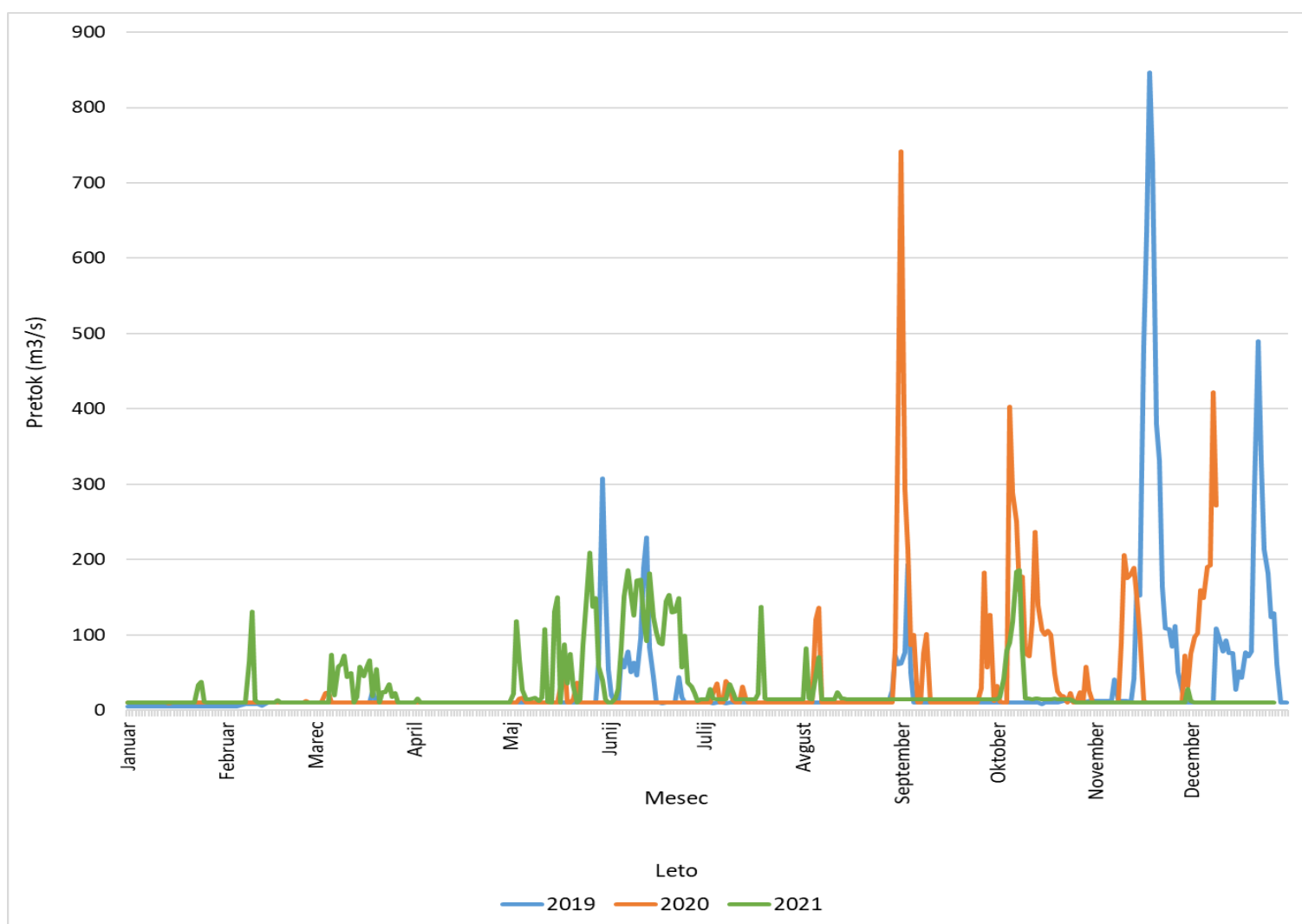
Slika 2: Razširjenost raka trnavca v Sloveniji.

Kot smo že omenili v uvodu, je bil trnavec v Sloveniji prvič opažen v gramoznicah ob reki Dravi leta 2015. Najdena je bila številčna populacija različnih velikostnih razredov (Govedič in sod., 2015). Do danes je to edina znana lokacija trnavca v Sloveniji. Leta 2017 je ZZRS pričel z ukrepi za preprečevanje širjenja in obvladovanje populacije na tem območju; ta aktivnost sedaj že 3 leto poteka v okviru LIFE integriranega projekta (LIFE17 IPE/SI/000011). V letu 2019 je bila na območju gramoznic pri enem od petih testiranih osebkov trnavca potrjena okužba z račjo kugo (*Aphanomyces astaci*) (Mrzelj in sod., 2020). Gre za bolezen, ki je našim avtohtonim rakom lahko smrtno nevarna, zato trnavec kot prenašalec predstavlja veliko grožnjo domorodnim potočnim rakom.

## 3 STRUGA REKE DRAVE

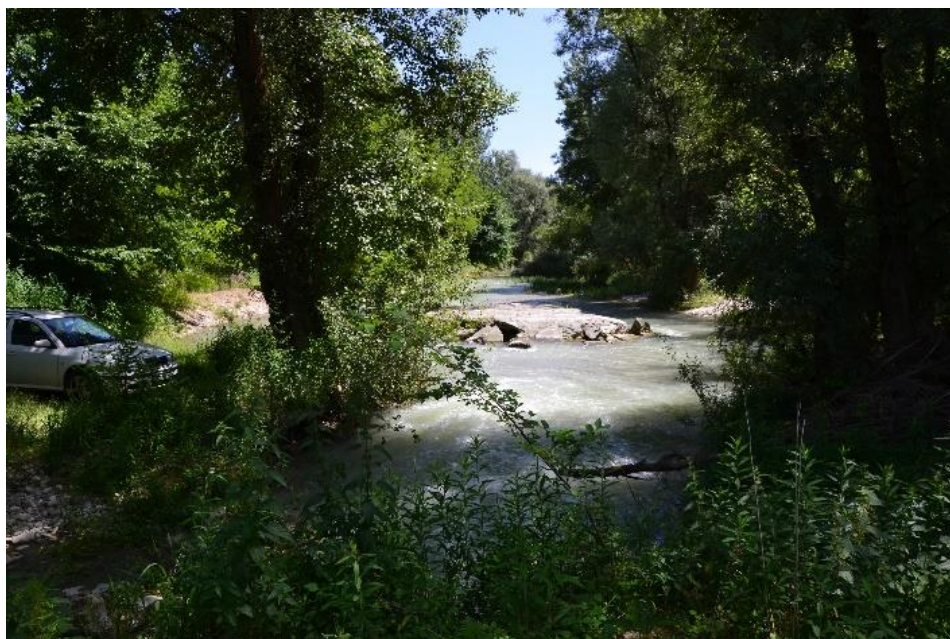
Reka Drava je v Avstriji in Sloveniji energetsko močno izkoriščena, do danes je v obeh omenjenih državah na reki Dravi zgrajenih 22 hidroelektrarn. Spodnji tok reke je močno preoblikovan s protipoplavnimi nasipi in drugimi ureditvami struge (Roškar, 2012). V porečju Drave v Sloveniji se nahajata dve domorodni vrsti rakov: navadni koščak (*Austropotamobius torrentium*) in jelševec (*Astacus astacus*) ter dve invazivni tujerodni vrsti rakov: signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*) in trnavec.

Z zajezitvijo reke Drave z jezom v Markovcih (hidroelektrarna Formin) je nastalo največje slovensko umetno jezero - Ptujsko jezero, dolžine 7 km in površine 346 ha (Dravske Elektrarne Maribor, 2019), v katerem smo že potrdili prisotnost signalnega raka.



Slika 3: Pretoki reke Drave na vodomerni postaji jez Markovci, Ptujsko jezero v letih 2019, 2020 in 2021. Modro obarvana krivulja predstavlja pretok reke Drave v letu 2019, rdeča krivulja v letu 2020, zelena v letu 2021. Vir: Dravske Elektrarne Maribor, 27. 12. 2021.

Jez v Markovcih ima prepustno sposobnost 4200 m<sup>3</sup>/s. Na desnem delu jezusa obratuje mala hidroelektrarna, s čimer se izkorišča tudi biološki minimum, ki se spušča dolvodno v strugo reke Drave (Rošker, 2012). Najnižja povprečna dnevna vrednost pretoka v letu 2021 je znašala 10 m<sup>3</sup>/s, najvišja pa 186 m<sup>3</sup>/s (Dravske Elektrarne Maribor, 12. 1. 2021). Iz hidroloških podatkov je razvidno da nihanja v letu 2021 niso bila tako izrazita kot v prejšnjih letih, ko je pretok dvakrat presegel vrednost preko 700 m<sup>3</sup>/s, kljub temu pa so bila manj ekstremna nihanja v tem letu pogostejša (*Slika 3*).



*Slika 4: Poplavljene gramoznice – pogled od Gramoznice 4 proti Gramoznici 6.*



*Slika 5: Poplavljene gramoznice - Gramoznica 4.*

# 4 MATERIALI, METODE IN OPIS OBMOČJA ERADIKACIJE TRNAVCA

## 4.1 Opis območja eradikacije

Obravnane gramoznice ležijo na levem bregu reke Drave pod Ptujskim jezerom (*Slika 6*). Najbližje naselje je Nova vas pri Markovcih, večina ozemlja leži v katastrski občini Bukovci. Po pregledu starih kart lahko sklepamo, da je bila na tem območju nekoč večja razlivna površina s številnimi rokavi reke Drave. Slika 6 prikazuje lokacije posameznih gramoznic. Večji del populacije trnavca naseljuje Zatok ter Gramoznice 1, 2, 4, 5, 6, 7 in 8. Posamezne najdbe trnavca v letu 2019 so bile potrjene še v Kanalu 1 in Kanalu 2; skupaj z Gramoznicama 9 in 10 gre za vodna telesa, ki se nahajajo dolvodno od Gramoznice 8 (Mrzelj in sod., 2020).

Gramoznica 1 je preko Zatoka povezana z reko Dravo. Del gramoznice, ki je bližje Dravi, je bolj prodnat, medtem ko je vzhodni del zamuljen in poraščen s trstičjem, kar otežuje vzorčenje. Na severni strani je preko preliva ob normalnem vodostaju občasno povezana z Gramoznico 2. V letu 2021 je vzorčenje v gramoznici 1 oteževalo podrto drevje, ki onemogoča varno brodenje ob robu vodnega telesa in obenem nudi dobro zatočišče trnavcem.

Gramoznica 2 je prav tako delno prodnata, delno pa zamuljena. Ob višjih normalnih vodostajih je preko daljšega preliva na vzhodnem delu povezana z Gramoznico 4. Tudi v Gramoznici 2 je bilo vzorčevanje v letu 2021 oteženo zaradi podrtega drevja.

Preliv ob nižjem vodostaju na določenih predelih presahne, poimenovali smo ga Gramoznica 4, ki je večinoma zamuljena ter prerasla z makrofiti in trstičjem. Ob višjih vodah se Gramoznica 4 preko makadamske poti pretaka v Gramoznico 6.

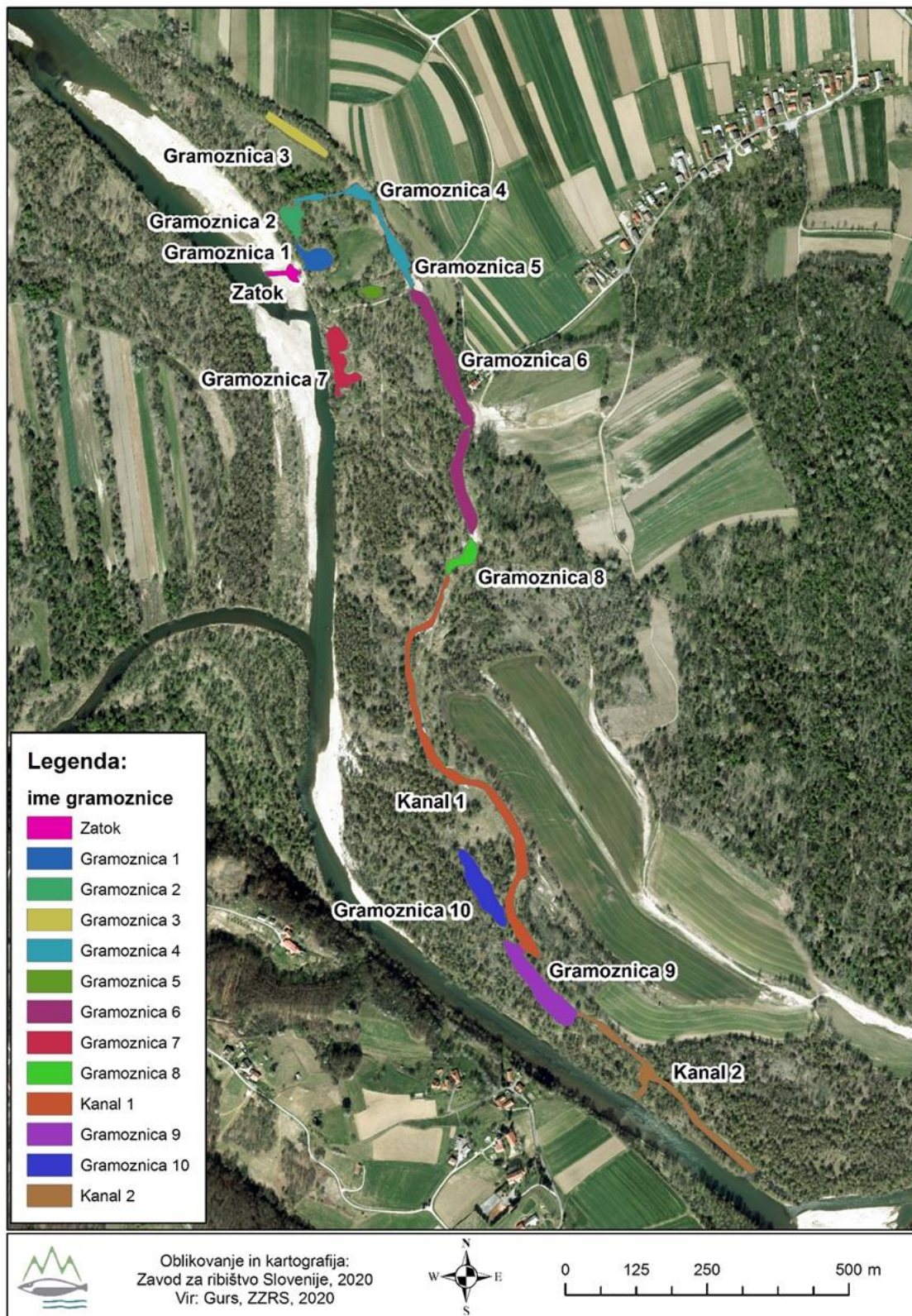
Gramoznica 6 je ozka, dolga in predeljena na dva dela. Substrat je večinoma prod, voda je hladnejša, v poletnem času je gramoznica na nekaterih mestih močno preraščena z algami.

Naprej se Gramoznica 6 preko druge makadamske poti steka v Gramoznico 8, ki se nadaljuje v Kanal 1, ki je na zahodni strani ločeno povezan z Gramoznico 10 in Gramoznico 9.

Gramoznica 10 je plitvejša in poraščena z makrofiti, medtem ko je Gramoznica 9 na sredini globoka in neprebrodjljiva. Vzorčenja lahko potekajo le ob brežinah. Gramoznica 9 se nadaljuje v Kanal 2, ki je dolvodno povezan z Dravo. Ob normalnem vodostaju so od ostalih izolirane Gramoznica 5, ki je po površini najmanjša, Gramoznica 3 in Gramoznica 7.

Substrat v Gramoznici 5 je prodnat, določeni predeli imajo nanešene naplavine. Preraščajo jo makrofiti. Severna brežina sestoji iz skalometa z globokimi režami.

Gramoznica 3 je najbolj osenčena, zamuljena in porastla z makrofiti. Koncentracija kisika je v tej gramoznici nizka, vzorčenje pa je zaradi mehkega substrata in zaraščenosti zelo zahtevno.



Slika 6: Prostorski prikaz vseh gramoznic in reke Drave na območju vzorčenja.

Ločena, a podzemno z Dravo povezana Gramoznica 7 daje vtis, da sestoji iz treh nekdanj ločenih, sedaj povezanih gramoznic. Celoten vzhodni rob gramoznice je zelo razčlenjen, z majhnimi zalivčki in rti. Na območju teh zalivčkov so prisotni večji sestoji makrofitov, dno na teh območjih je mehko in muljasto. Na območju rtov je dno plitvo, plitvina pa se nadaljuje do zahodnega brega. Te plitvine sedmico razdelijo na tri večja, globlja območja. Na prehodu iz globine v plitvine je dno preraslo z makrofiti, v večji meri pa je sestavljeno iz proda in večjega števila kamnov in skal.

V nadaljevanju so navedena poimenovanja posameznih vodnih teles, njihova površina, obseg in koordinate centroida vodnega telesa (Preglednica 2).

*Preglednica 2: Poimenovanje vodnih teles na območju izlavljanja trnavca. Prikazana je površina, obseg in koordinati centroida posameznega vodnega telesa.*

IME VODNEGA TELESA	POVRŠINA [C]	OBSEG [m]	GKY	GKX
<b>Zatok</b>	821,8	170	573049	137224
<b>Gramoznica 1</b>	1963,8	209	573099	137251
<b>Gramoznica 2</b>	1528,1	178	573059	137320
<b>Gramoznica 3</b>	2259,1	284	573067	137469
<b>Gramoznica 4</b>	3741,8	674	573222	137307
<b>Gramoznica 5</b>	721,3	117	573199	137192
<b>Gramoznica 6</b>	10179,5	975	573353	136996
<b>Gramoznica 7</b>	3286,1	353	573143	137072
<b>Gramoznica 8</b>	1397,4	191	573362	136724
<b>Kanal 1</b>	10875,7	1647	573393	136320
<b>Gramoznica 9</b>	5517,8	428	573497	135965
<b>Gramoznica 10</b>	4068,1	342	573393	136139
<b>Kanal 2</b>	5231,1	997	573726	135784

## 4.2 Metode

Izlov trnavca smo leta 2021 na območju njegove ugotovljene in potencialne razširjenosti izvajali med februarjem in oktobrom, v Gramoznici 7 tudi v mesecu decembru. Pogostost izlovov je bila odvisna od vremenskih razmer, vodostaja reke Drave ter aktualnih predpisov in razmer povezanih z virusom Covid-19.



*Slika 7: Poplavljen dostopna pot proti Gramoznici 5.*

Terensko delo smo izvajali v dnevnem in v nočnem času. V letu 2021 zaradi zdravstvenih razmer v povezavi z boleznijo Covid-19 ni bilo izvedeno prvotno načrtovano število nočnih terenov, predvsem zaradi oteženega prenočevanja terenske ekipe in pridobivanja študentske pomoči. Na območju gramoznic smo izvajali vzorčenje s kombinacijo elektroizlova z nahrbtnim agregatom, lova z vršami, lova z roko in elektroizlov s čolna.

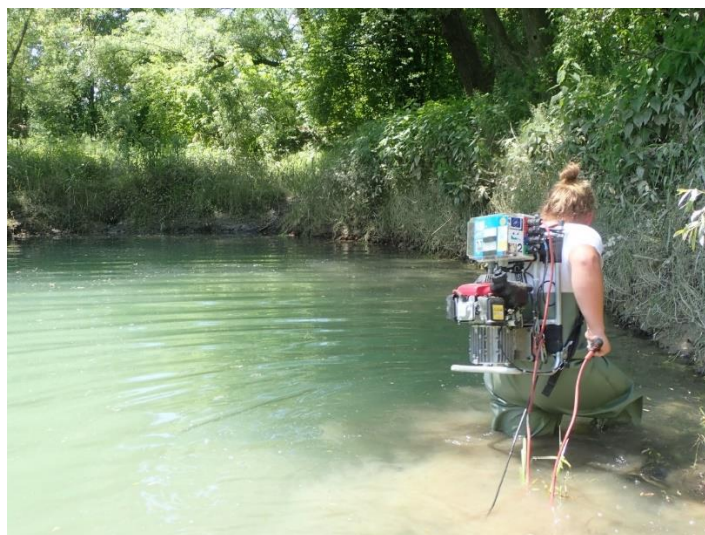
Poleg intenzivnega vzorčenja gramoznic, kjer smo že v preteklosti ugotovili večje gostote trnavca, smo občasno z elektroizlovom vzorčili tudi vodna telesa dolvodno od Gramoznice 8 in neposredno bližino leve brežine Drave ob Zatoku. Vzorčenja smo opravili v spomladanskem, poletnem in jesenskem času.

### 4.2.1 Elektroizlov z nahrbtnim agregatom

Odlov rakov smo izvajali z uporabo nahrbtnih agregatov (Slika 8). Elektroribolov je standardna metoda za vzorčenje rib, ki jih elektrika omami do te mere, da jih lahko ujamemo. Na elektriko so občutljivi tudi sladkovodni raki (Peay in sod., 2014), zato je zlasti v plitvih vodnih telesih ali njihovih predelih ob ustrezni hidromorfologiji to dobra metoda za potrditev prisotnosti osebkov. V nadaljevanju smo izlov rakov z elektroagregati poimenovali elektroizlov.

Za elektroizlov z nahrbtnim agregatom smo uporabljali bencinske agregate serije Hans Grassl ELT60II GI HONDA GXV50. Posamezno vzorčenje z elektroizlovom je predstavljal en obhod posamezne gramoznice. Zabeležili smo čas začetka in čas konca vzorčenja ter ime vzorčevalca. V primeru, da sta bila v gramoznici dva vzorčevalca z dvema elektroagregatoma, je vsak izvajal svoje vzorčenje.

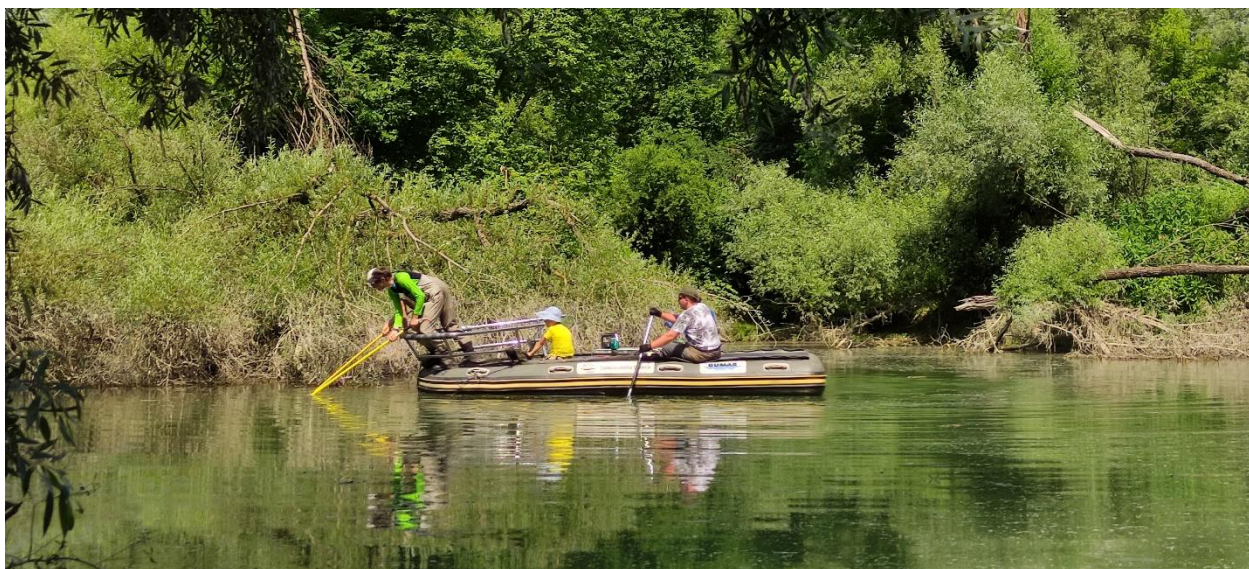
Pri vzorčenju smo uporabljali zaščitno opremo: nepremočljive ribiške škornje ter po potrebi zaščitne gumijaste rokavice, ki so nas varovale pred električnim tokom. Podnevi smo ob sončnem vremenu zaradi boljše vidljivosti uporabljali polarizacijska očala. V poletnih mesecih smo se posluževali tudi pokrival, krem za zaščito pred sončnimi opeklinami, in repelentov, ki so nas obvarovali pred piki komarjev in drugih žuželk. Pri nočnem lovu smo uporabljali naglavna in ročna svetila, s pomočjo katerih smo se gibal po zahtevnem terenu in lažje opazili bežeče in omamljene rake. Delo z nahrbtnim elektroagregatom je fizično zelo zahtevno in nevarno, zato smo vzorčenja izvajali v paru. Ena oseba je vzorčila, druga pa zaradi varnosti in pomoči hodila poleg. Oseba, ki je spremljala vzorčevalca, je pomagala pri nošenju ujetih rakov, vzorčevalca je opozarjala na rake, ki jih sam ni opazil, in mu pri nočnem elektroizlovu dodatno osvetljevala okolico. Posebej pomembna pa je vloga spremljevalca v primeru nepredvidljivih težav, ki terjajo medsebojno pomoč. Elektroizlov smo izvajali ob brežinah ter v plitvejših delih gramoznic, kjer je bilo brodenje še varno. Globlji deli gramoznic so z nahrbtnimi agregati nedostopni; za ta območja smo se poslužili drugih metod, kot sta vzorčenje z vršami in elektroizlov s čolnom.



Slika 8: Primer dnevnega elektroizlova v Gramoznici 2.

## 4.2.2 Elektroizlov s čolna

Metode elektroizlova s čolna smo se poslužili, da bi lažje dostopali do območij gramoznic z globino, večjo od 0,7 m. Ta metoda je zelo učinkovita tudi v plitvinah in v muljastih predelih, kjer se teren udara in je zato vzorčenje z nahrbtnim agregatom nevarno. Vzorčenje z elektroizlovom s čolna smo letos izvedli v Gramoznici 1, Gramoznici 7 in Gramoznici 8. Pri tej metodi smo katodo namestili na bok čolna ali na premec. Uporabili smo stacionarni elektroagregat (EL 65 GI, 350/600 V) oziroma dva nahrbna agregata proizvajaleca Hans Grassl GmbH. Izlovna ekipa na čolnu je štela štiri člane. Na zadnjem delu čolna sta sedela dva člana izlovne ekipe, ki sta veslala in manevrirala s čolnom, obenem pa upravljala elektroagregat in zapisovala podatke. Na premcu sta stala dva elektroribiča, ki sta vsak na svoji strani z ročnimi anodami, ki sta se končali s sakom, lovila vzdražene rake. Zajete rake sta odlagala v plastične kadi, napolnjene z vodo. Za boljše opazovanje rakov sta elektroribiča uporabljala polarizacijska očala. Uporabljeni anodi s sakom sta bili dolgi 2,5 m, zato je bilo v primeru dobre vidljivosti mogoče uloviti rake tudi v globljih predelih, ki s hojo niso prebrodljivi.



*Slika 9: Čoln za izvajanje elektroizlova s čolna v Gramoznici 7.*

Širino in globino izlova (pasu) določa obseg električnega polja in se spreminja glede na prevodnost vode, globino v času vzorčenja in substrat. Zaradi poenostavitve območja delovanja električnega polja in glede na izkušnje z elektroizlovom rakov v preteklih letih ocenjujemo, da lahko zajamemo rake vsaj 2 metra na vsako stran od čolna. Največja globina ob čolnu, pri kateri še lahko zajamemo rake, znaša okoli 2,5 m. Ugotovili smo tudi, da metoda elektroizlova s čolnom povzroča bistveno manjše kaljenje vode v primerjavi z elektroizlovom z brodenjem. Po končanem vzorčenju smo vso opremo temeljito umili, razkužili in dodatno pregledali, da ne bi v špranjah v čolnu nevede širili trnavcev.



Slika 10: Izvajanje elektroizlova s čolna na Gramoznici 7.

### 4.2.3 Lov z roko

Vzorčenje območja z ročnim pobiranjem rakov je zajemalo obračanje kamnov (Slika 11), pregledovanje račin (rovov) ter pregledovanje makrofitov in drugega organskega materiala v vodnih habitatih, ki rakom služijo kot skrivališča. V Gramoznici 1, 6 in 8 smo že leta 2019 postavili nekaj zidakov, ki so zaradi svojih odprtih predstavljali nadomestna skrivališča za rake (ekološke pasti). Tiste zidake, ki jih voda ni napolnila z muljem in smo jih uspeli najti, smo dvignili iz vode in stresli v mrežico loparja za elektroizlov, v katero smo ulovili rake. Postavitev nadomestnih skrivališč nam je olajšala lov osebkov. Osebkve, ujete s pregledovanjem zidakov, tako obravnavamo pod metodo lova z roko. Metoda je uporabna v plitvejših predelih gramoznic, do globine, kamor lahko vzorčevalec seže z roko. V letu 2021 smo zidake postavili samo v Gramoznico 1.



Slika 11: Primer lova z roko v Gramoznici 7.

#### 4.2.4 Fizikalno kemijske lastnosti vode v gramoznicah

Fizikalno kemijske lastnosti vode smo na terenu merili s Hach Lange prenosno merilno napravo (Hach HQ40d Multi meter), s katero smo na globini 10 cm izmerili temperaturo vode (°C), pH vode, koncentracijo raztopljenega kisika v vodi (mg/L), nasičenost vode s kisikom (%) ter električno prevodnost vode (μS/cm). Meritve smo v posamezni gramoznici vedno opravili na istem mestu, pri čemer smo izbirali senčne lokacije, da smo se izognili napaki višje nasičenosti vode s kisikom zaradi večje intenzivnosti fotosinteze.

#### 4.2.5 Biometrija in označevanje osebkov

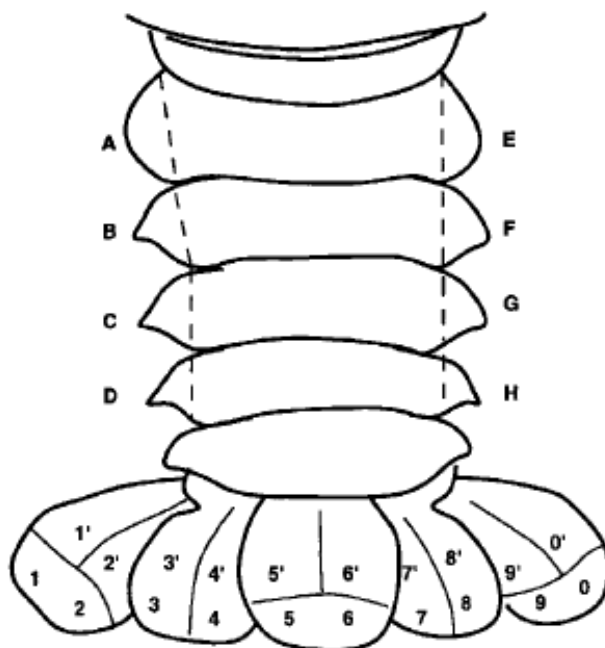
Po zaključku vsakega posameznega vzorčenja smo vsem ujetim rakom določili spol. Spol se pri raku trnavcu določi s pomočjo primarnega in sekundarnega pleopoda. Če sta ta dva pleopoda preoblikovana v proti abdomnu segajoči podolgovate strukture – dva para gonopodijev, je osebek samec. Če pleopoda nista preoblikovana, gre za samico (Sliki 12). Samica se od samca loči tudi po *annulus ventralis*, ki je na trebušni strani ležeča odprtina, skozi katero samica shrani samčeve spermatofore, in po genitalnih odprtinah (Kozák in sod., 2015).



Sliki 12 in 13: Določanje spola pri trnavcu – samec z gonopodiji (levo) in samica z *annulus ventralis* (desno).

Vsakemu osebku smo s pomočjo digitalnega kljunastega merila določili **dolžino glavoprsja z rostrumom (CLR)**. Dolžino glavoprsja z rostrumom merimo od konice rostruma do začetka zadka. Osebkom smo določili tudi maso. Samicam z jajčeci smo izmerili tudi druge biometrične znake.

Samce, katerih CLR je bil večji od 23 mm, smo označili in vrnili v gramoznico, v kateri smo jih ujeli. Samce, ki smo jih vrnili v gramoznice, smo označili. Posamezna oznaka je bila sestavljena iz črke in številke. Črka je predstavljala gramoznico, v kateri je bil osebek ujet, številka pa zaporedno številko ujetih samcev. Označevali smo jih s srebrnim vodoodpornim markerjem (Edding 780 creative) in z luknjanjem telzona in uropodov.



Slika 14: Prikaz 28 pozicij markiranja na telzonu, uropodu in plevri rakov (povzeto po Zhang Guan, 1997).

V letu 2021 smo vpeljali tudi nov način označevanja osebkov, ki je trajnejši in bolj invaziven kot markiranje samcev z markerjem (Slika 15). Z metodo označevanja z luknjanjem telzona in uropodov po Zang Guan (1997) lahko z 20 pozicijami (od 0 do 9 in od 0' do 9'), ki so označene na sliki (Slika 14) dobimo 1350 unikatnih kombinacij označbe. Če bi se odločili in odščipnili še pleuro, bi lahko dobili do 10800 kod, vendar za naše potrebe to ni bilo potrebno. Te kode so bolj obstojne od navadnega pisanja z markerji po glavoprsju, zdržijo do nekaj levitev, smo pa ujetim in označenim samcem vedno oznake popravili in tako podaljšali njihovo obstojnost (Zhang Guan, 1997).



Slika 15: Označen osebek trnavca z metodo luknjanja.

#### 4.2.6 Obdelava podatkov

Terenske podatke smo s popisnih listov vnesli v Biološko zbirko podatkov Zavoda za ribištvo Slovenije (BIOS, ZZRS, 2021). Do podatkov smo nato dostopali s poizvedbami z uporabo programa MS Access. Za prenos podatkov iz GPS naprave ter njihov pregled smo uporabljali program Base Camp (Garmin).

Pridobljene podatke smo z uporabo programa Excel in QGIS grafično prikazali. Za prikaz razmerja med spoloma pri trnavcu smo izračunali delež posameznega spola.

# 5 REZULTATI

## 5.1 Primerjava metod

Trnavca smo izlavljali s kombinacijo različnih metod: elektroizlov z nahrbtnim agregatom, lov z roko, elektroizlov s čolna in v manjši meri vzorčenje s pastmi (vršami). Večino izmed navedenih metod smo izvajali že v letu 2019, elektroizlov s čolnom pa smo uvedli leta 2020. V letu 2020 smo pilotno izpraznili Gramoznico 5; te metode v letu 2021 nismo ponovili.

Skupno smo v letu 2021 izvedli 256 vzorčenj, s katerimi smo ujeli 1578 osebkov raka trnavca in odstranili 6141 jajčec. Tekom celotnega leta smo na območju gramoznic postavili 37 vrš, v katere smo ujeli 4 osebkke trnavca.

*Preglednica 3: Skupno število ujetih osebkov trnavca po mesecih v vseh gramoznicah skupaj.*

Mesec	Februar	Marec	April	Maj	Junij	Julij	Avgust	September	Oktober	December	Skupaj
Skupaj osebkov	10	12	144	54	164	320	112	610	147	5	1578

Lov z roko je bil izveden predvsem v plitvinah, na kamnitih delih gramoznic in na predelih, ki rakom omogočajo kopanje račin. S to metodo smo z 49 vzorčenji ujeli 72 osebkov. Ta metoda se je izkazala za najuspešnejšo pri iskanju samic z jajčeci v spomladansko poletnem času in za preverjanje aktivnosti rakov pozimi ter na začetku pomladi.

Največje število trnavcev smo ulovili z metodo elektroizlova z nahrbtnim agregatom, sledil je elektroizlov s čolna ter lov z roko. Manjše število trnavcev smo ujeli z metodo vzorčenja z vršami.

Najpogosteje uporabljena metoda vzorčenja je bil elektroizlov z nahrbtnim agregatom. Izvedli smo 191 vzorčenj, s katerimi smo ujeli 982 osebkov.

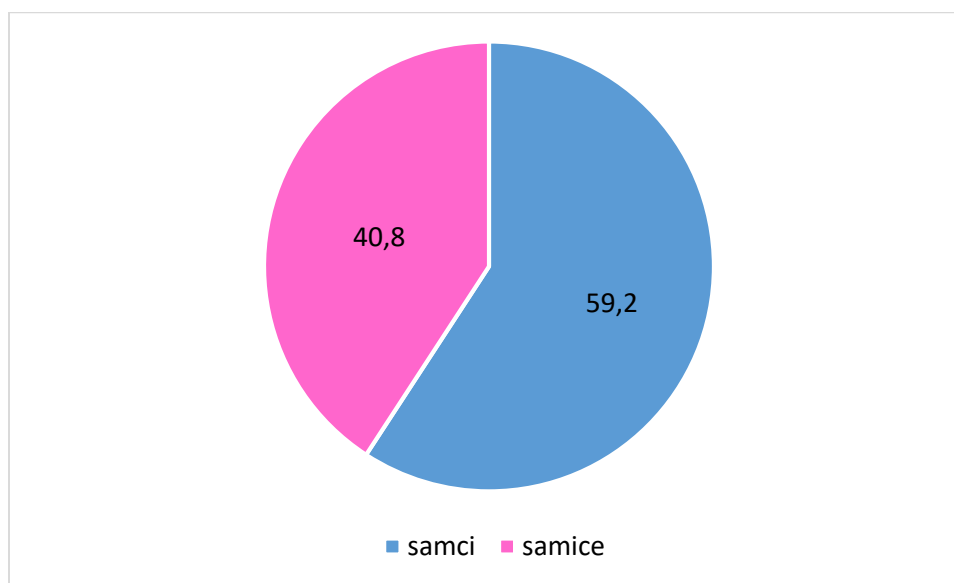
Za najuspešnejšo se je izkazala metoda elektroizlova s čolna, saj smo leta 2021 s samo 17 vzorčenji v Gramoznici 7 ujeli 478 osebkov trnavca, v Gramoznici 1 smo s to metodo ujeli 36 osebkov, v Gramoznici 8 pa 6 osebkov, kar skupno znaša 518 ujetih trnavcev.

Pri vseh metodah smo si na obrazec, prilagojen metodi vzorčenja, zabeležili čas začetka in konca vzorčenja, brez predpriprave in postopkov po končanem vzorčenju.

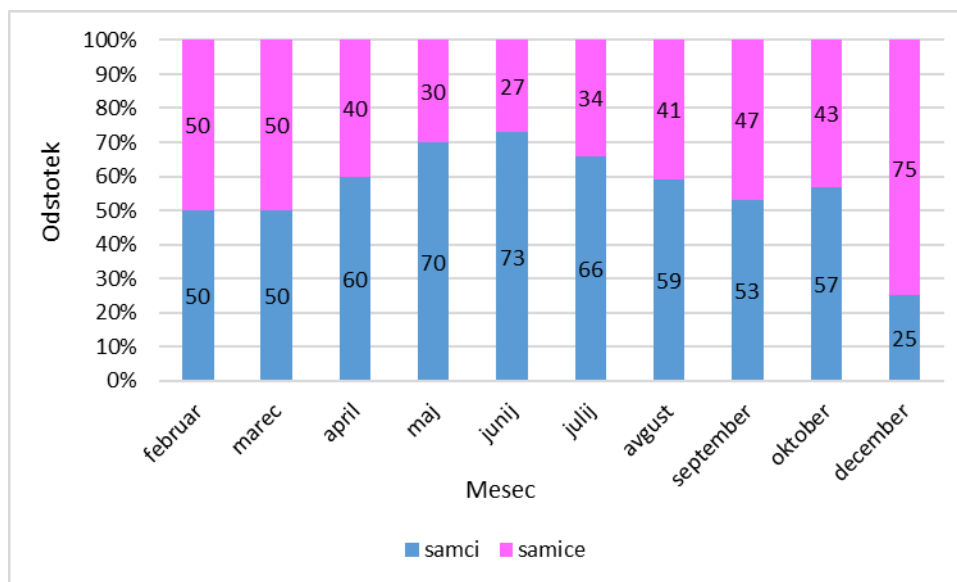
## 5.2 Analiza populacijskih parametrov trnavca

### 5.2.1 Število ujetih osebkov, razmerje med spoloma in velikost osebkov

V letu 2021 smo v obdobju od meseca februarja do oktobra ter z dodatnim z vzorčenjem Gramoznice 7 v decembru v vseh gramoznicah z 256 vzorčenji ujeli skupno 1578 osebkov. Med ujetimi trnavci je bilo 946 (59,2 %) samcev in 632 samic (40,8 %) (Slika 16).



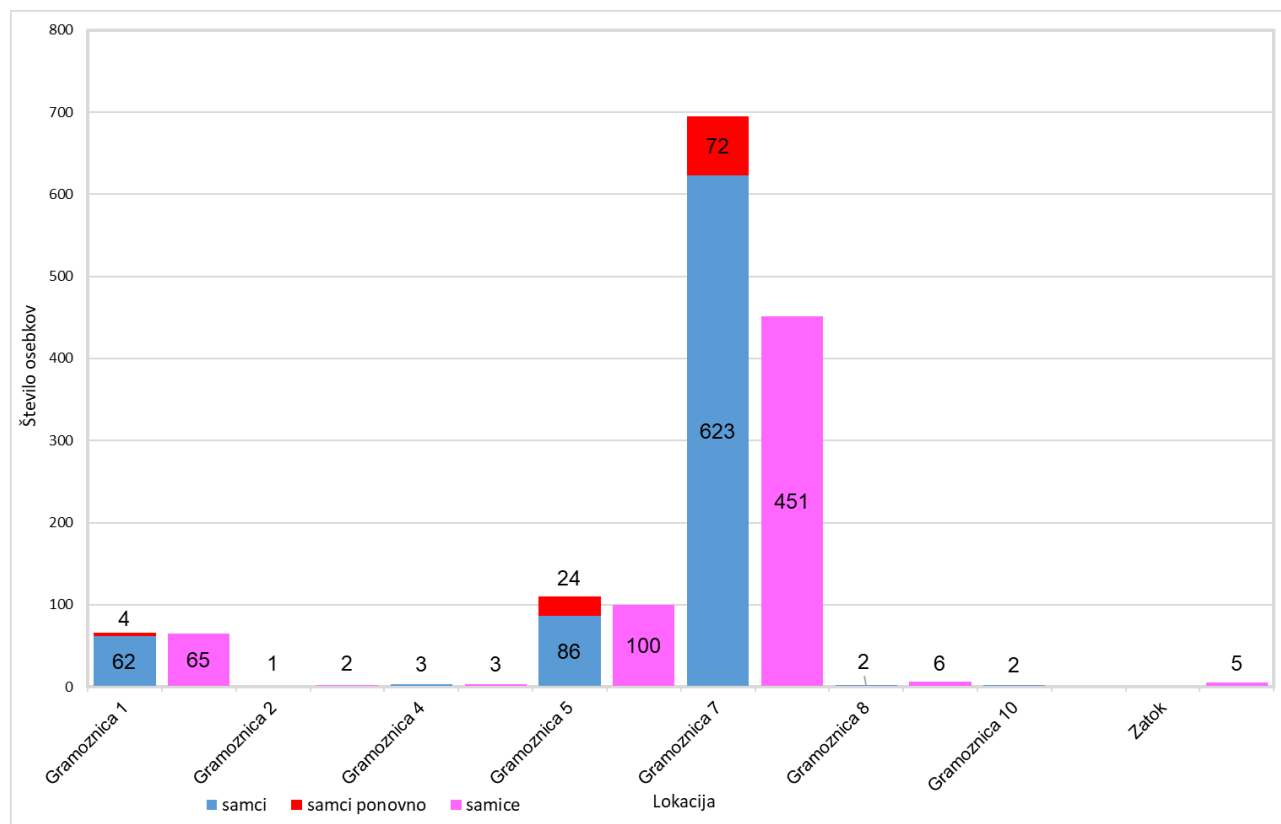
Slika 16: Število ujetih osebkov trnavca ter razmerje med spoloma na celotnem vzorčenem območju v letu 2021.



Slika 17: Razmerje med spoloma za posamezen mesec.

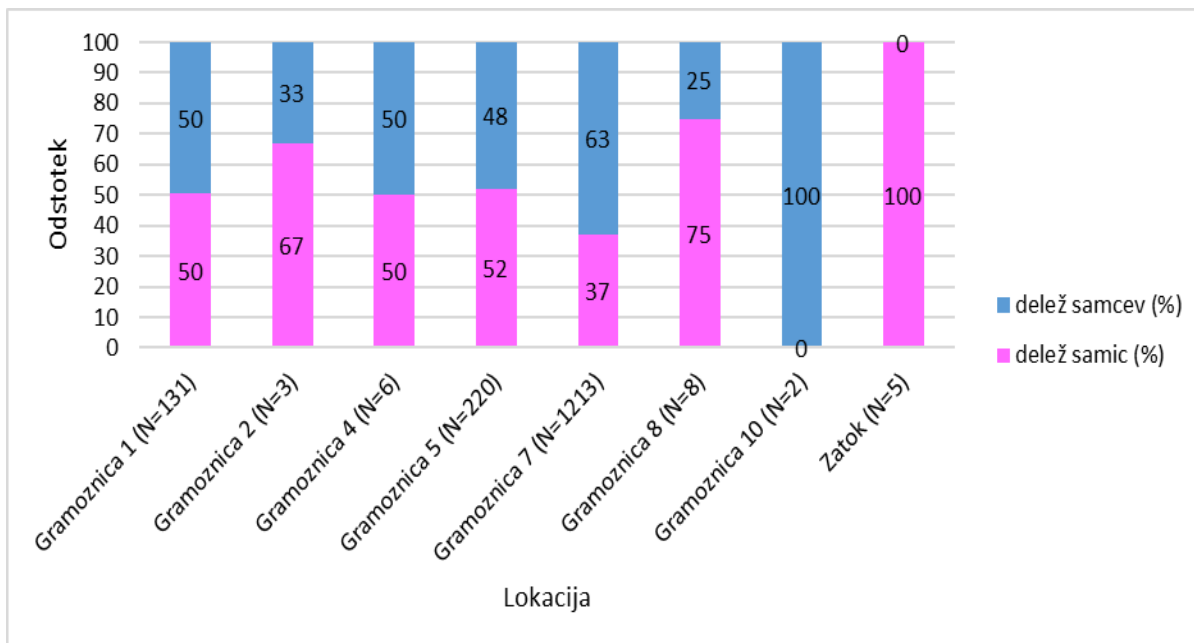
Delež samcev je prevladoval v mesecih april, maj, junij, julij, avgust, september in oktober, delež samic je bil večji le v decembru, enako razmerje pa je bilo zabeleženo v mesecih februar in marec (Slika 17).

Slika 18 prikazuje da je bilo največje število osebkov v letu 2021 ujetih v Gramoznici 7, in sicer 1213 osebek, od tega 762 samcev in 451 samic. Po številu ujetih osebkov sledi Gramoznica 5 z 210 osebkami; od tega 110 samcev in 100 samic. V Gramoznici 1 je bilo ujetih 131 trnavcev; od tega 66 samcev in 65 samic. V ostalih gramoznicah pa je bilo število ujetih osebkov manjše. V Gramoznici 2 smo ujeli 3 osebkove, 1 samec in 2 samice, v Gramoznici 4 smo ujeli 6 osebkov, 3 samce in 3 samice. V Zatoku smo ujeli 5 osebkov, vse so bile samice. V Gramoznici 8 smo ujeli 8 osebkov trnavca, 2 samca in 6 samic. V gramoznicah dolvodno od Gramoznice 8 smo ujeli 2 osebkove, oba samca, v Gramoznici 10.

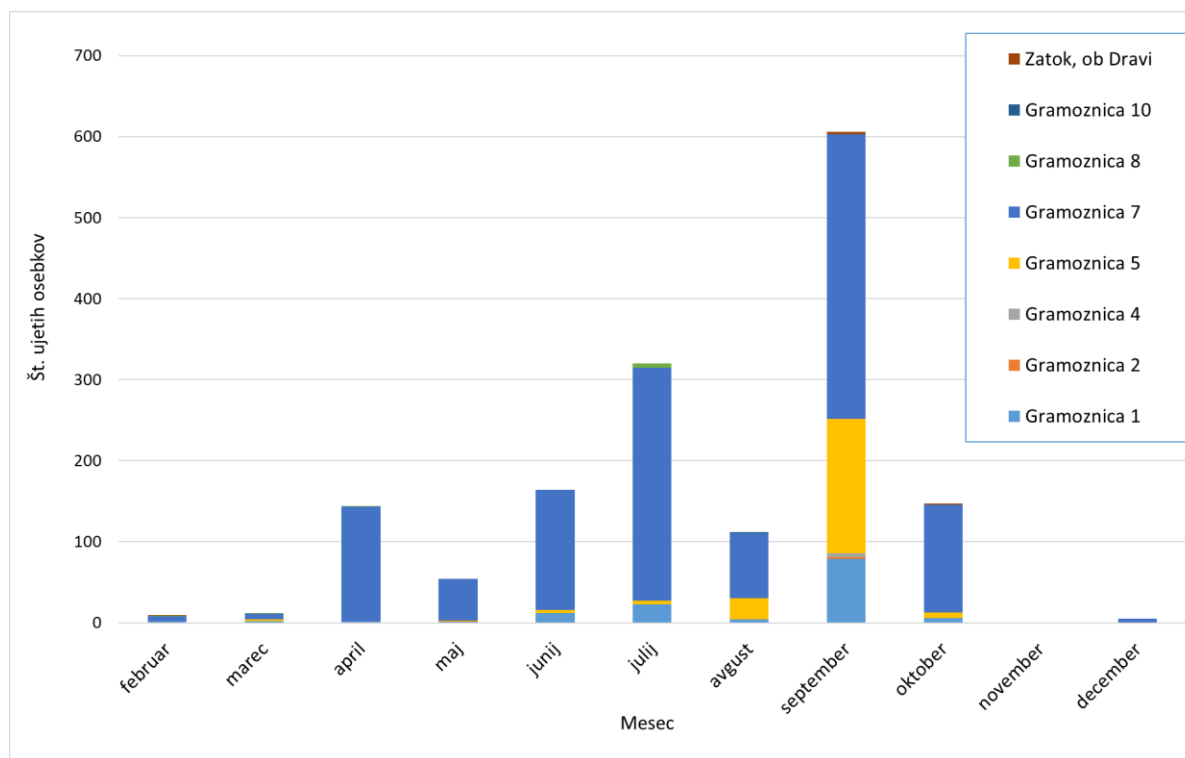


Slika 18: Prikaz števila ujetih samcev, ponovno ujetih samcev in ujetih samic trnavca, v letu 2021 v posameznih gramoznicah.

Delež ujetih samcev je bil v štirih gramoznicah večji od deleža ujetih samic (Slika 19), in sicer v Gramoznici 1, Gramoznici 5, Gramoznici 7 in v Gramoznici 10. Delež ujetih samic je bil večji od deleža ujetih samcev v gramoznicah 2, 8 in v Zatoku, kjer smo ujeli tudi manjše število osebkov. Enako razmerje med spoloma ujetih osebkov je bilo v Gramoznici 4.

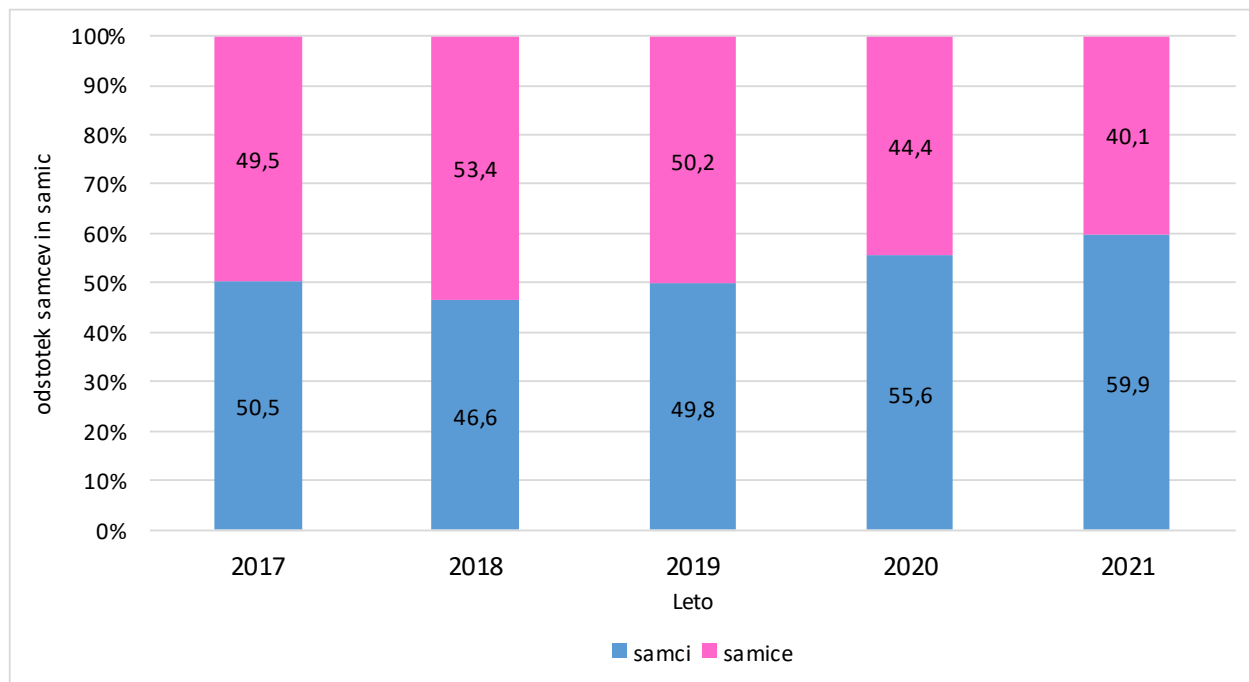


Slika 19: Razmerje med spoloma ujetih osebkov trnavcev po posameznih gramoznicah v letu 2021. V Gramoznicah 2, 4, 8, 10 in v Zatoku je bilo v letu 2021 ujetu majhno število osebkov, zato razmerje med spoloma ni nujno reprezentativno.



Slika 20: Skupno število ujetih osebkov trnavca po gramoznicah za leto 2021.

V letu 2021 smo ulovili 39 samic, ki so imele na zadku pritrjena jajčeca. Vse so bile ujete v Gramoznici 7, razen ene, ki je bila ujeta v Gramoznici 8. Najmanjša samica, pri kateri smo našli jajčeca, je merila (CLR) 25,14 mm, največja pa 52,57 mm. Najmanjša samica je imela na zadku pritrjenih 165 jajčec, največja pa 86. Največ jajčec je nosila samica dolžine 45,13 mm (CLR), in sicer 505. Pri vseh 39 ujetih samicah z jajčeci smo prešteli število jajčec oz. ravno izleženih juvenilnih osebkov, ki so bili še vedno pritrjeni na samico. Na ta način smo s pobiranjem samic z zarodom ujeli kar 6141 trnavcev, ki pa zaradi primerljivosti med leti niso upoštevani v skupnem številu ujetih osebkov.



Slika 21: Razmerje med spoloma v obdobju 2017 – 2021.

Pri razmerju med spoloma, prikazanem na Slika 21, je mogoče opaziti trend zmanjševanja deleža samic, kar gre pripisati tudi uspešnemu izlavljanju samic in vračanju samcev.

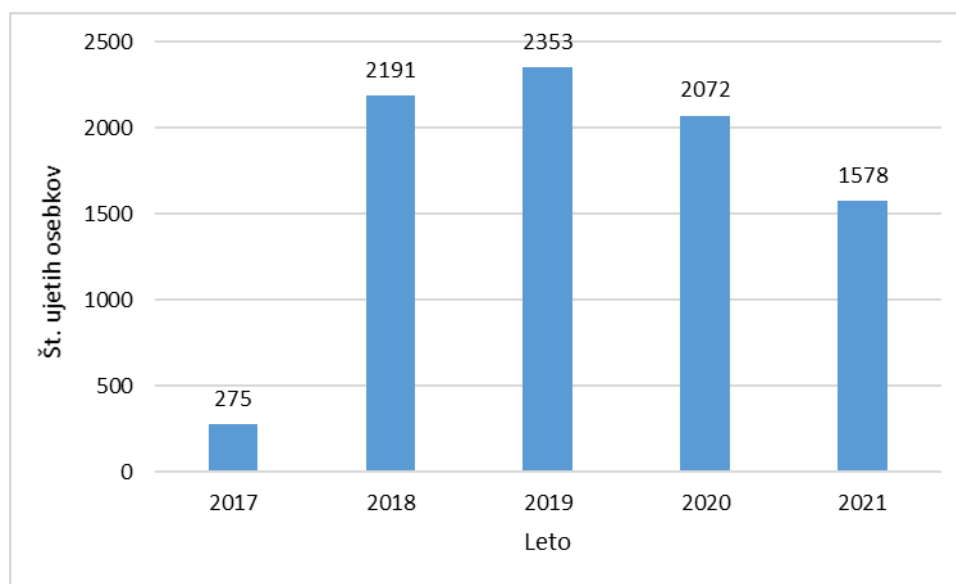
Če razmerje med spoloma v posameznih gramoznicah pogledamo podrobneje, se izkaže, da je v treh gramoznicah (Gramoznice 1, 5, 7 in 10) razmerje v prid samcem. V Gramoznicah 2, 8 ter v Zatonu pa je bil delež ujetih samic večji od deleža ulovljenih samcev. V Gramoznici 4 je bil delež ujetih osebkov enak.

V Gramoznicah 2, 4, 8, 10 ter v Zatonu je bil vzorec ujetih trnavcev tako majhen, da težko podajamo kakršnekoli ugotovitve glede razmerja med spoloma.

### 5.3 Velikost in število ujetih osebkov med letoma 2017 in 2021

V nadaljevanju (Slika 22) je prikazano število osebkov, ujetih v posameznih letih. V letu 2017 smo ujeli 275 osebkov, leta 2018 smo ujeli 2191 osebkov, leta 2019 smo ujeli 2353 osebkov, leta 2020

smo ujeli 2072 osebkov, leta 2021 pa 1578 osebkov. Skupno smo v obdobju od leta 2017 do leta 2021 ujeli 8469 osebkov. Glede na povprečno dolžino smo najmanjše osebkke ujeli leta 2018, med tem ko so v letih 2017, 2019 in 2020 povprečne velikosti osebkov naraščale, kar je opazno predvsem pri samcih in je verjetno posledica vračanja odraslih samcev nazaj v gramoznice. Dolžina CLR ujetih osebkov je v letu 2017 znašala med 16 in 53 mm, leta 2018 med 4 in 55 mm, leta 2019 so osebkki merili med 8 in 55 mm, leta 2020 med 6 in 54 mm, leta 2021 pa med 10,56 in 52,84 mm.

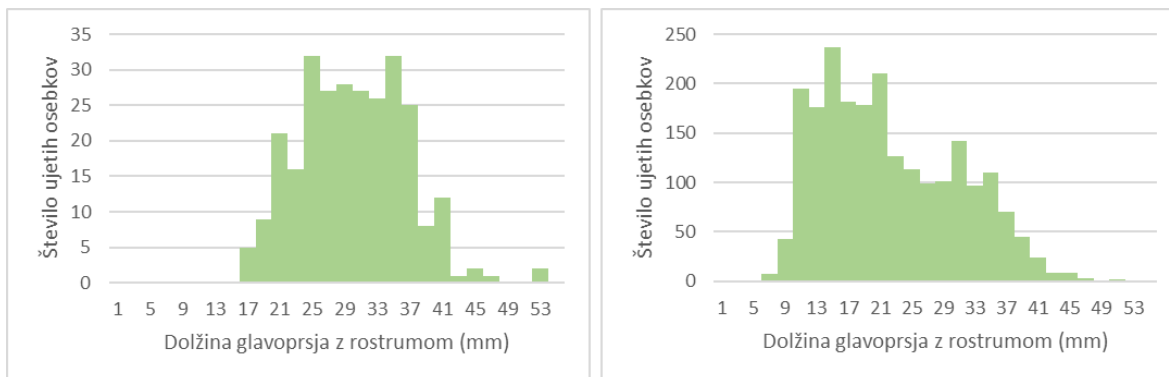


Slika 22: Skupno število ujetih osebkov trnavca od leta 2017 do leta 2021. V letu 2021 ni upoštevana enota napora. V grafu so prikazani tudi ponovno ujeti samci, ki smo jih vračali. Z vračanjem samcev smo začeli v letu 2019.

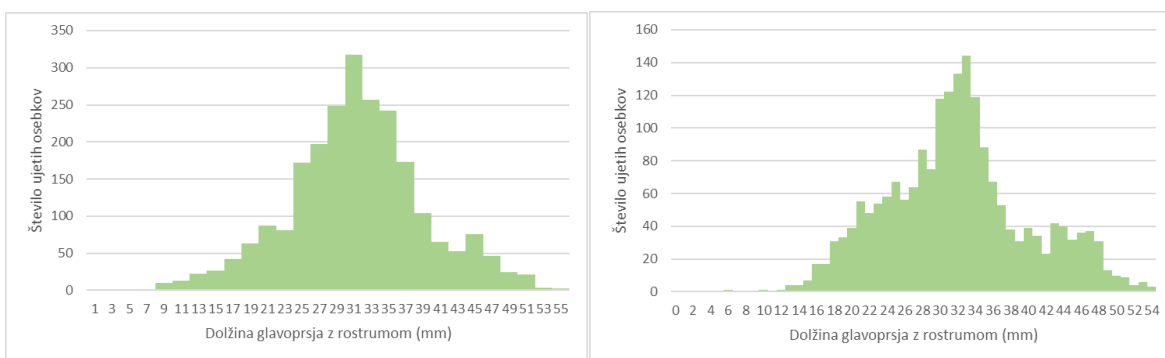
V nadaljevanju (Preglednica 4) so prikazane povprečne dolžine osebkov (CLR) v mm, ujetih v posameznih letih.

Preglednica 4: Povprečne vrednosti dolžine glavoprsja z rostrumom (CLR) za ujete samce in samice trnavca v posameznem letu.

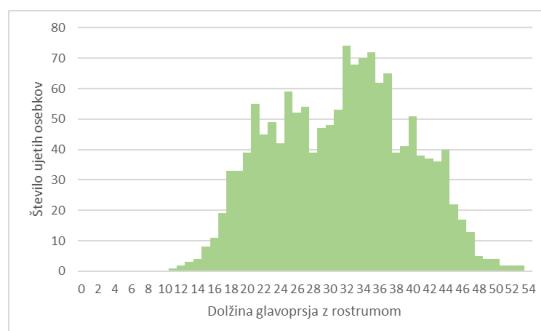
	Leto 2017			Leto 2018			Leto 2019			Leto 2020			Leto 2021		
	Vsi osebkki	Samci	Samice	Vsi osebkki	Samci	Samice	Vsi osebkki	Samci	Samice	Vsi osebkki	Samci	Samice	Vsi osebkki	Samci	Samice
<b>Povprečje (CLR v mm)</b>	29.53	29.18	29.97	21.36	22.64	25.24	30.39	30.70	31.04	31.97	32.56	31.29	31.41	32.53	29.93



Slika 23: Dolžinsko frekvenčni histogram dolžine (CLR) ujetih osebkov trnavca leta 2017 (slika levo) in leta 2018 (slika desno).



Slika 24: Dolžinsko frekvenčni histogram dolžine (CLR) ujetih osebkov trnavca leta 2019 (levo) in 2020 (desno).



Slika 25: Dolžinsko frekvenčni histogram dolžine (CLR) ujetih osebkov trnavca leta 2021.

## 5.4 Število ponovno ujetih osebkov v posameznih gramoznicah v letu 2021

Po vsakem izlovu smo ujete samce izmerili, stehali, označili in izpustili v isto gramoznico, v kateri smo jih ulovili. V nadaljevanju (*Preglednica 5*) je prikazano število osebkov, ponovno ujetih v posamezni gramoznici.

Preglednica 5: Število ujetih samcev, označenih samcev, ponovno ujetih samcev in odstranjenih samcev trnavca v Gramoznicah 1, 5 in 7 v letu 2021.

Lokacija	Št. ujetih samcev v posamezni gramoznici	Skupno št. označenih samcev	Število ponovno ujetih samcev	Št. odstranjenih samcev (CLR pod 23 mm)	Delež označenih in ponovno ujetih samcev (%)
Gramoznica 1	66	50	4	16	6
Gramoznica 5	110	66	24	44	21
Gramoznica 7	762	690	139	72	18
Skupaj	938	806	167	132	18

Skupno smo v Gramoznicah 1, 5 in 7 ujeli 938 samcev. Od teh smo jih označili 806 osebkov od katerih smo jih ponovno ujeli 167. V teh treh gramoznicah smo skupaj odstranili 132 osebkov, katerih CLR je bil manjši od 23 mm.

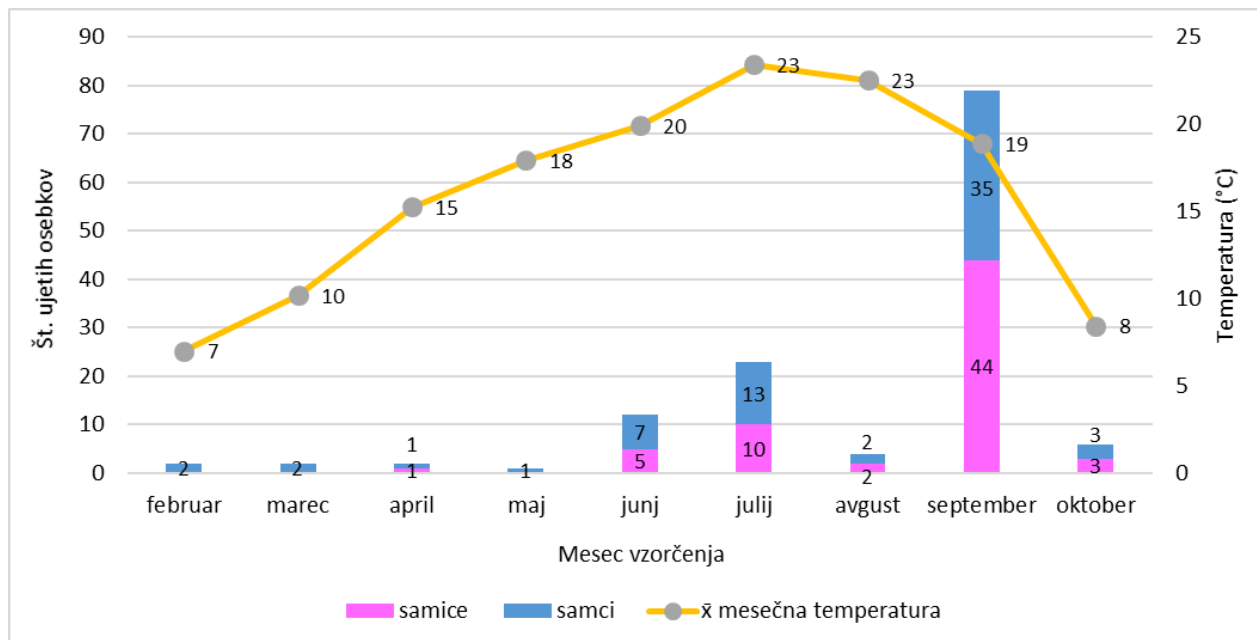
Največ ponovno ujetih samcev smo ponovno ujeli v Gramoznici 7, in sicer kar 139. V Gramoznici 5 smo ponovno ujeli 24 osebkov, v Gramoznici 1 pa smo ponovno ujeli 4 osebkve.

Prikazani podatki so preliminarni, preverjeni iz popisnih listov. Zaradi vzpostavitve nove BIOS baze podatki še niso vneseni, zato so bolj informativne narave. Gre za oceno.

## 5.5 Število ujetih osebkov in razmerje med spoloma po gramoznicah

### 5.5.1 Gramoznica 1

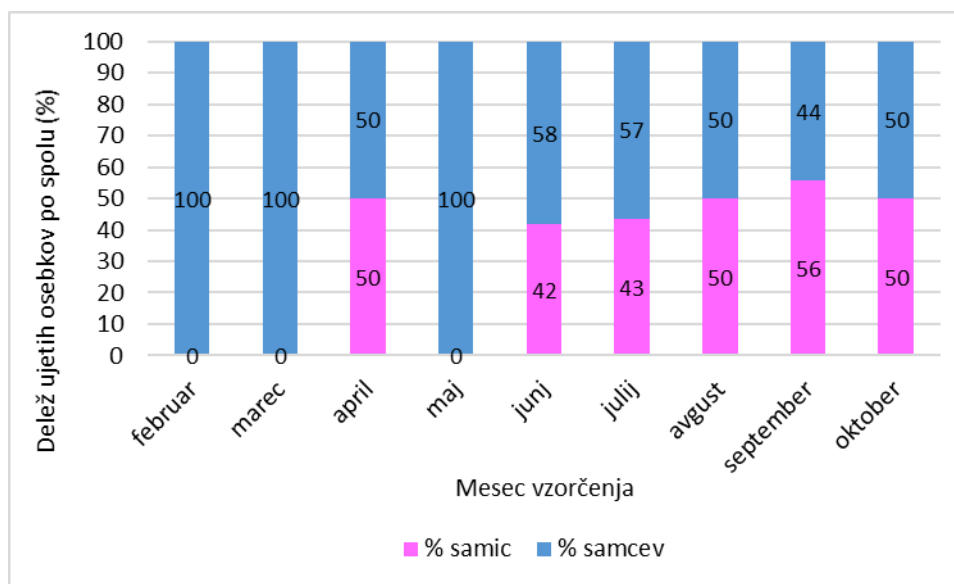
Najuspešnejši mesec po številu ujetih osebkov je bil mesec september, v katerem smo skupno ujeli 79 osebkov, od tega 44 samic in 35 samcev, sledil je julij s 23 osebki, od tega 10 samic in 13 samcev. Februarja in marca smo ujeli po dva osebka; v obeh mesecih sta to bila samca. Aprila smo ujeli dva osebka, in sicer enega samca in eno samico. Maja smo ujeli enega samca. Junija smo ujeli 12 osebkov, od tega 7 samcev in 5 samic. Avgusta smo ujeli štiri osebkve, od tega dva samca in in samici. Oktobra smo ujeli 6 osebkov, od tega tri samce in tri samice.



Slika 26: Prikaz števila ujetih osebkov trnavca v Gramoznici 1 in povprečna temperatura v posameznem mesecu vzorčenja leta 2021.

Leta 2021 smo v Gramoznici 1 skupno ujeli 131 osebkov. V letu 2019 smo v isti gramoznici ujeli v krajšem obdobju (od maja do oktobra) 613 osebkov, leta 2020 pa 107 osebkov.

Z metodo elektroizlova s čolna smo v letu 2021 v Gramoznici 1 ujeli 36 osebkov.



Slika 27: Spolna struktura ujetih osebkov trnavca v Gramoznici 1 v posameznem mesecu vzorčenja.

V Gramoznici 1 je bil delež ujetih samcev večji od deleža ujetih samic v februarju, marcu, maju, juniju in juliju. Enakovreden delež po spolu je bil zastopan v aprilu, avgustu in oktobru, pri čemer

izpostavljamo, da je bilo število ujetih osebkov vsakič manjše od 5. Meseca septembra so v ulovu prevladovale samice (*Slika 27*).

Dne 16. 9. 2021 smo v Gramoznici 1 ujeli eno samico signalnega raka. Gre za prvi primerek te vrste, ki je bil ujet pod jezom Markovci.

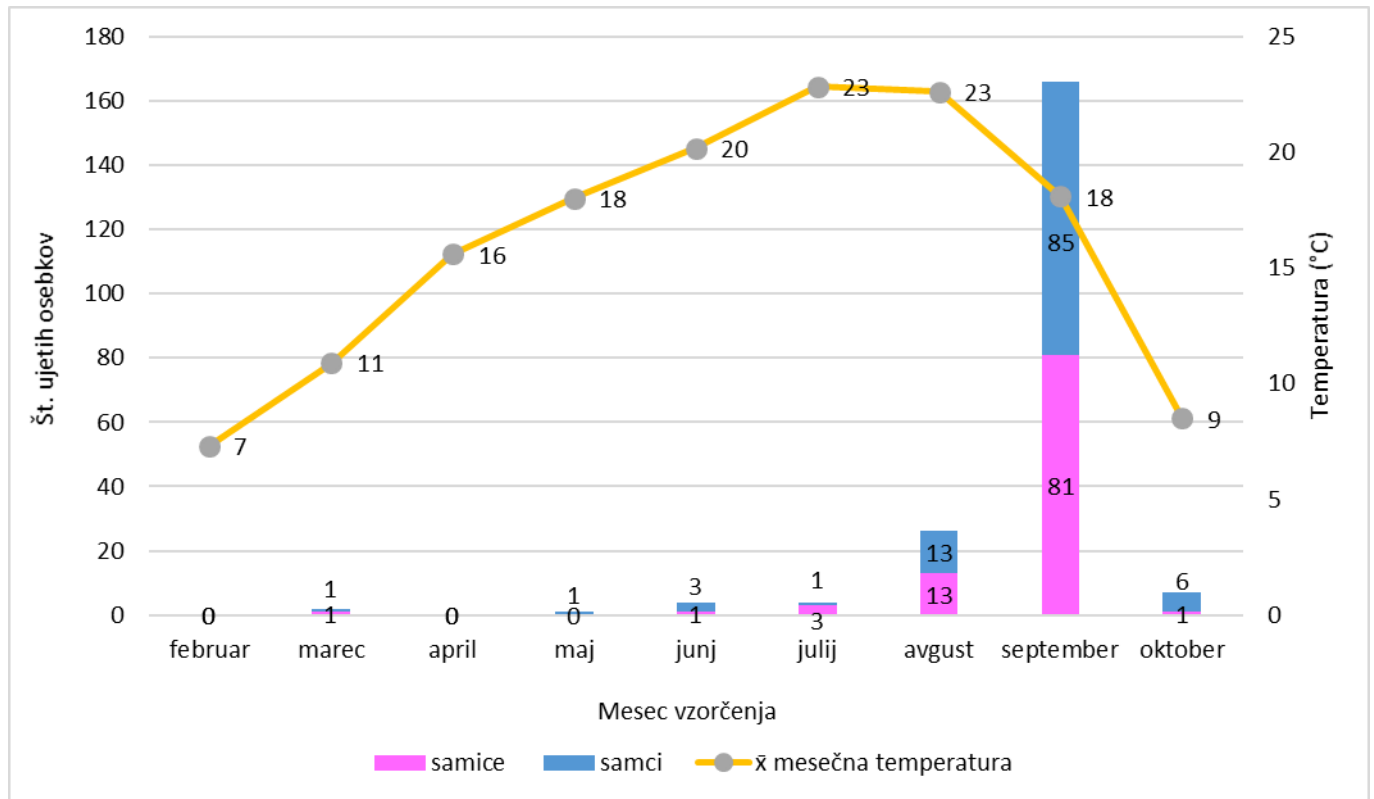


*Slika 28: Signalni rak ujet v Gramoznici 1 dne 16. 9. 2021.*

### 5.5.2 Gramoznica 5

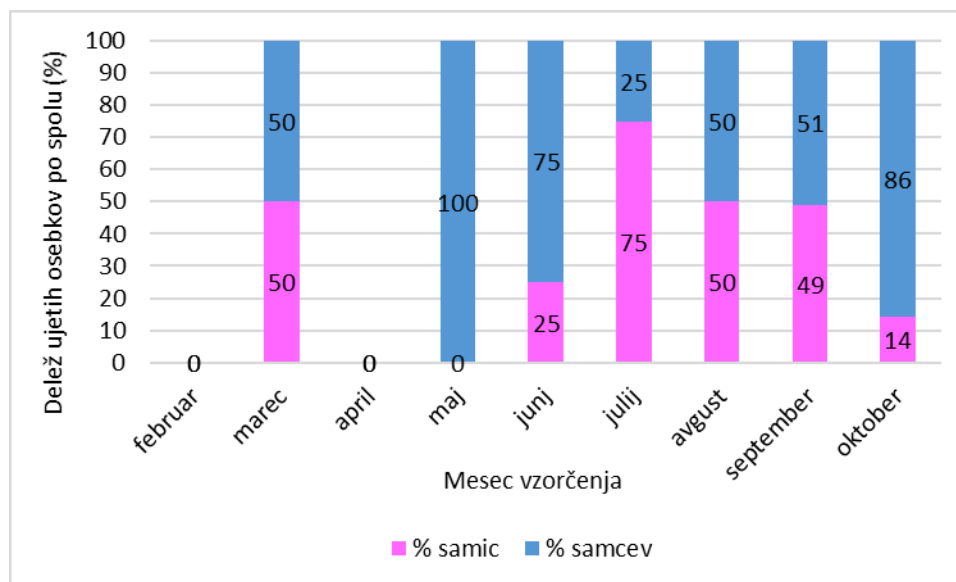
V celotnem letu 2021 smo v Gramoznici 5 ujeli skupno 210 osebkov trnavca, od tega je bilo 100 samic in 110 samcev. Leta 2020 smo v Gramoznici 5 ujeli skupaj 416 osebkov. V letu 2019 smo ujeli skupno 369 osebkov.

Na podlagi rezultatov ulova smo največjo aktivnost trnavcev zaznali v obdobju od avgusta do septembra. Največje število trnavcev smo ujeli v mesecu septembru, ko smo ujeli 166 osebkov, od tega je bilo 81 samic in 85 samcev. V februarju in aprilu nismo ujeli nobenega trnavca. Marca smo ujeli dva osebka, in sicer enega samca in eno samico. Maja smo ujeli enega samca. Junija smo ujeli štiri osebke, in sicer tri samce in eno samico. Julija smo prav tako ujeli štiri osebke, tokrat enega samca in tri samice. Avgusta smo ujeli 26 osebkov, od tega 13 samcev in 13 samic. Oktobra smo ujeli 7 osebkov, in sicer 6 samcev in eno samico.



Slika 29: Prikaz števila ujetih osebkov trnavca v Gramoznici 5 in povprečna temperatura v posameznem mesecu vzorčenja leta 2021.

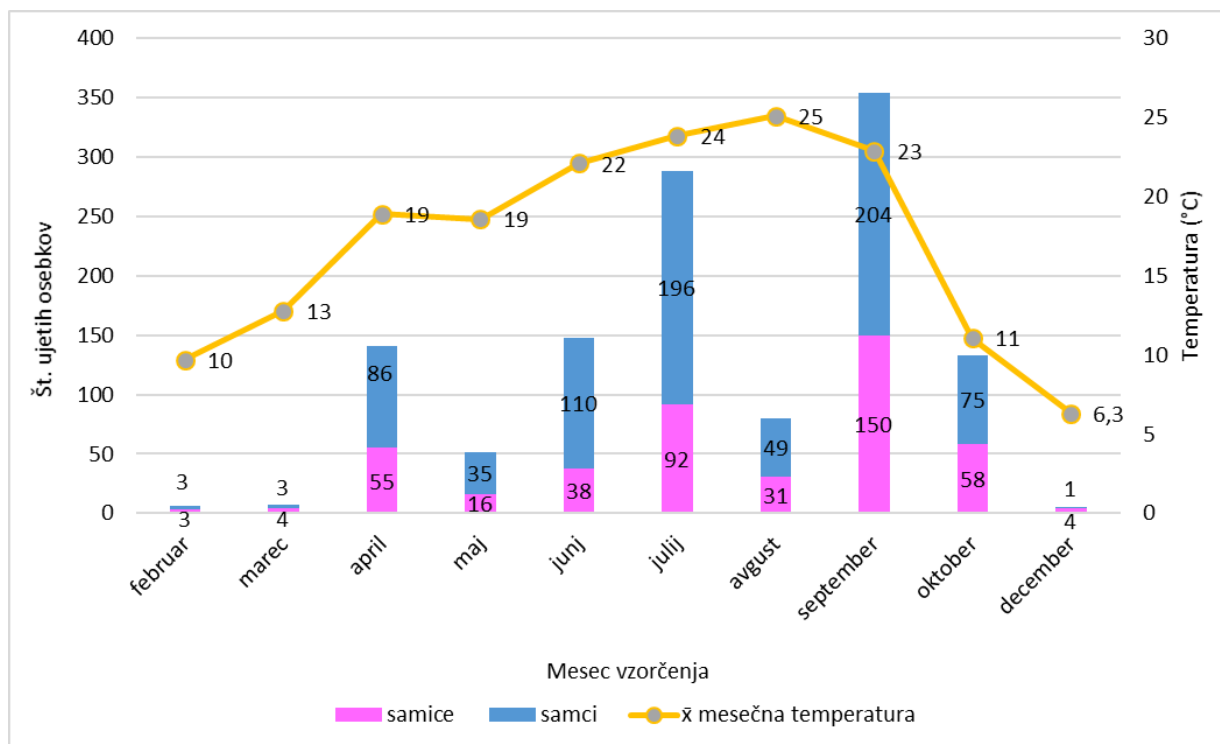
Razmerje med spoloma ulovljenih osebkov je v mesecih maj, junij, september in oktober v prid samcem, pri čemer je bilo skupno število ujetih osebkov v maju in juniju manjše od 5. Delež ulovljenih samic je bil večji v mesecu juliju ( $N_{\text{skupno}} < 5$ ), marca ( $N_{\text{skupno}} < 5$ ) in avgusta pa je bil delež ulovljenih osebkov po spolu enak (Slika 30).



Slika 30: Spolna struktura ujetih osebkov trnavca v Gramoznici 5 v posameznem mesecu vzorčenja.

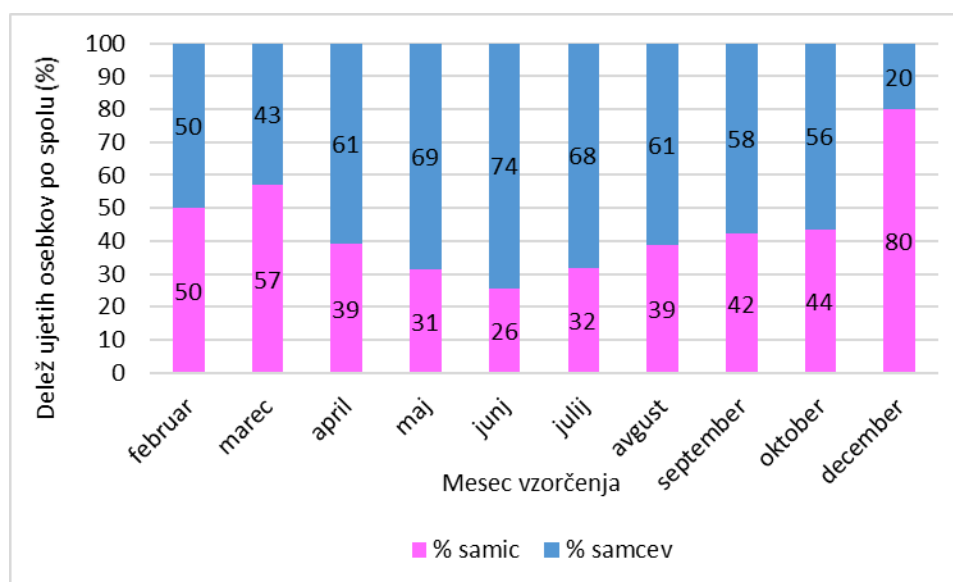
### 5.5.3 Gramoznica 7

Glede na ulov se je največja aktivnost trnavca v Gramoznici 7 pokazala v mesecih april (141 osebkov, od tega 86 samcev in 55 samic), junij (148 osebkov, od tega 110 samcev in 38 samic) julij (288 osebkov, od tega 196 samcev in 92 samic), september (354 osebkov, od tega 204 samec in 150 samic) in oktober (133 osebkov, od tega 75 samcev in 58 samic). Največ osebkov smo ujeli v septembru. Manjše število osebkov smo ujeli februarja (6 osebkov, od tega trije samci in tri samice), marca (7 osebkov, od tega trije samci in štiri samice), maja (51 osebkov, od tega 35 samcev in 16 samic), avgusta (80 osebkov, od tega 49 samcev in 31 samic) in decembra (5 osebkov, od tega en samec in štiri samice) (Slika 31).



Slika 31: Prikaz števila ujetih osebkov trnavca v Gramoznici 7 in povprečna mesečna temperatura v posameznem mesecu vzorčenja leta 2021.

Z metodo izlova rakov s čolna smo v Gramoznici 7 v letu 2021 ujeli 478 osebkov trnavca.



Slika 32: Spolna struktura ujetih osebkov trnavca v posameznem mesecu vzorčenja v Gramoznici 7.

V Gramoznici 7 smo marca in decembra ulovili nekoliko več samic kot samcev, pri čemer je bilo skupno število majhno; ujeli smo štiri samice in tri samce v marcu in štiri samice in ena samca v decembru. Februarja je bilo razmerje med spoloma 1:1 ( $N_{\text{skupno}} < 10$ ), aprila, maja, junija, julija in avgusta pa smo ulovili večji delež samcev (*Slika 32*).

#### 5.5.4 Ostale gramoznice

V ostalih gramoznicah je bil ulov osebkov trnavca skozi celo leto majhen; vzorčenja smo izvajali podobno kot v Gramoznici 1, in sicer od februarja do oktobra.

V **Zatoku** smo v celem letu ujeli 5 osebkov trnavca, od tega so bili vsi osebki samice.

V **Gramoznici 2** smo ujeli tri trnavce, od tega enega samca in dve samici.

**Gramoznice 3** v letu 2021 nismo vzorčili. Ker je gramoznica težko dostopna in zelo zamuljena, je neugodna in nevarna za izvedbo elektroizlova, zato vzorčenja s to metodo nismo izvedli. Vodno območje je intenzivno zaraščeno z makrofiti in obrežnim rastjem (ločje in trstičje), kar poslabša vidljivost in okretnost.

V **Gramoznici 4** smo s ulovili šest osebkov, od tega tri samce in tri samice.

V **Gramoznici 6** v letu 2021 nismo ujeli nobenega trnavca, smo pa spremenili način dela, saj smo v letu 2021 vzorčili večjo površino gramoznice kot v prejšnjih letih.

V **Gramoznici 8** smo na tem območju ulovili 8 osebkov, od tega dva samca in 6 samic.

V **Gramoznici 10** smo v letu 2021 ujeli dva samca.

## 6 DISKUSIJA

### 6.1 Primerjava metod

#### 6.1.1 Metoda nastavljanja vrš

V letu 2021 se v primerjavi s predhodnim letom vrš nismo posluževali sistematično. Izkazalo se je namreč, da se trnavci v vrše ne lovijo prav dobro in da je v primerjavi z drugimi metodami potrebnega precej več napora za lov (Marguč in sod., 2021).

V celotnem letu smo v vrše ujeli štiri osebke.

#### 6.1.2 Lov z roko

Metoda lova z roko je najučinkovitejša metoda v času nižjih temperatur vode, ko so raki globoko v svojih skrivališčih in se posledično slabše fiziološko odzivajo na električni tok. V letu 2021 smo to metodo uporabili predvsem v začetnih mesecih za spremljanje aktivnosti rakov in za lov samic z jajčeci na zadku. Lov z roko je služil tudi kot dodatna metoda, saj rakov, ki so skriti globoko v račinah in pod kamenjem, kljub temu, da elektrika vzdraži njihovo živčevje, ne ujamemo, ker ostanejo v skrivališčih. S to metodo lahko ulovimo rake vseh velikostnih razredov. Metoda je še posebej uporabna na plitvejših območjih z dobro vidljivostjo in veliko skrivališči. Ta metoda se je izkazala za najuspešnejšo metodo pri lovu samic z jajčeci. Z ulovom 39 samic, ki smo jim prešteli jajčeca oz. ravno izležene juvenilne osebke, smo odstranili večje število trnavcev (6141) v primerjavi z vsemi ostalimi metodami, kjer smo lovili že samostojne rake (1578). Opisano kaže na pomembnost odstranjevanja samic z jajčeci pri procesu eradikacije.

#### 6.1.3 Elektroizlov

Za najučinkovitejšo metodo se je, enako kot lani, izkazala metoda elektroizlova z nahrbtnim agregatom in elektroizlova s čolna. S tema metodama smo izlovili največje število osebkov. Metoda elektroizlova je poleg visoke lovne uspešnosti dokaj neselektivna, saj z njo ulovimo osebke vseh velikostnih razredov in v večjem delu leta ni zaznati tako izrazite razlike v aktivnosti med samci in samicami (manjša spolna selektivnost) kot pri lovu z vršami. Z elektroizlovom lahko lovimo tako juvenilne kot tudi odrasle osebke. Slaba stran uporabe te metode so vpliv na netarčne organizme, hrup in onesnaževanje z izpustom. Pomemben dejavnik pri elektroizlovu predstavlja izkušnost vzorčevalca - njegova hitrost, okretnost in sposobnost opazovanja. Določena območja so pri vzorčenju z nahrbtnim agregatom zaradi globine vode in zaraščenosti težko ali celo nedostopna, obenem pa ob določenih pogojih za vzorčevalca tudi nevarna. V tem primeru taka območja do določene globine lahko učinkovito izlovimo z elektroizlovom s čolna pod pogojem, da ima gramoznica primeren dostop za vplutje čolna in zadostno vidljivost.

Metoda vzorčenja s čolna se je izkazala za zelo uspešno, saj smo v 17 vzorčenjih ujeli kar 518 osebkov trnavca. Po našem mnenju ima ta metoda velik potencial za izvajanje ukrepov v prihodnje. Pri izvajanju te metode se nahajamo višje nad vodno gladino, kar nam omogoča boljši

pregled nad večjim območjem, ker ne brodim po vodi, pa lahko zaradi počasnejšega kaljenja vode bolj temeljito izlovimo rake na nekem območju.

Pri izlovu z nahrbtnim agregatom posamezno vzorčenje predstavlja obhod gramoznice. Zaradi kaljenja vode po prvem vzorčenju običajno ne moremo narediti naslednjega obhoda takoj za prvim, medtem ko pri vzorčenju s čolnom lahko naredimo več zaporednih obhodov. Pri vzorčenju smo opazili, da električni tok vzdraži rake, da pogosteje zapustijo svoje zavetje. Ko se po prvem vzorčenju s čolnom ponovno vrnemo na vzorčeno območje, lahko ob ustreznih razmerah te rake naknadno ulovimo, saj so zaradi prvega električnega šoka zapustili skrivališča. Z nahrbtnim agregatom je to praktično nemogoče, saj dodatna teža agregata še pospešuje kaljenje na bolj muljasti podlagi. Pri metodi vzorčenja s čolna je tudi nekaj slabosti, saj za izvedbo potrebujemo vsaj štiri osebe na čolnu, medtem ko pri vzorčenju z nahrbtnim agregatom potrebujemo dve osebi. Zahtevna je tudi logistika in priprava na teren (prevoz čolna in spravljanje le tega v vodo, večji in težji stacionarni elektroagregat, potrebno posebno vozniško dovoljenje kategorije BE za vožnjo Toyota Hilux službenega vozila in prikolice s čolnom, saj največja dovoljena masa presega 4500 kg). V letu 2021 smo metodo elektroizlova s čolna uporabili v Gramoznici 1, Gramoznici 7 in Gramoznici 8. Ker se je izkazala za učinkovito, jo bomo v prihodnje še uporabljali.

Z elektroizlovom lahko zajamemo osebkke največ do globine okoli 2,5 m. Hirsch in sod. (2015) so ugotovili, da se trnavci večinoma zadržujejo do globine 3 m, redkeje do 5 m; iz tega sklepamo, da je trnavec lahko prisoten tudi v globljih predelih gramoznic. V letu 2021 smo opazili, da prihaja do zasipanja gramoznic, ki postajajo vedno bolj plitve, saj reka Drava ob večjem vodostaju s seboj nosi prod, ki ga odlaga v vodna telesa, kar nam omogoča dostop do predelov, ki so bili v prejšnjih letih še nedostopni. Terensko delo smo na podlagi predhodnih ugotovitev (Bric, 2017; Semrajc, 2018; Mrzelj in sod, 2020; Marguč in sod., 2021) izvajali tako podnevi kot tudi ponoči. Potočni raki so nočno aktivne živali, kar se je pokazalo tudi pri primerjavi uspešnosti dnevnega in nočnega lova, izvedenega v istem dnevu v letu 2020 ko smo delali primerjave (Marguč in sod. 2021). Kljub temu, da smo opravili temeljito vzorčenje že v dnevnem času, smo bili le nekaj ur za tem uspešnejši v nočnem času. V letošnjem letu smo zaradi ukrepov, namenjenih preprečevanju širjenja virusa (COVID 19), težko izvajali nočne terene, saj je bilo oteženo prenočevanje terenske ekipe.

Pri trnavcu je za razliko od domorodnih vrst potočnih rakov poleg nočne aktivnosti v manjši meri zaznana tudi aktivnost tekom dneva (Hirsch in sod. 2015), kar je lastnost, ki nam je v letošnjem letu zaradi manjšega števila nočnih terenov koristila.

#### 6.1.4 Število ponovno ujetih osebkov

Za označevanje in ponovni izpust samcev smo se odločili na podlagi raziskav (Manfrin in sod., 2019), s katerimi so ugotovili, da se zaradi izlova odraslih dominantnih samcev zmanjša vpliv kompeticije in predacije nad juvenilnimi osebki, kar dolgoročno vodi v povečanje številčnosti populacije. Da bi zmanjšali delež juvenilnih osebkov v populaciji, smo z vračanjem samcev ohranjali nivo kanibalizma in zasedenost optimalnih skrivališč. Odrasli samci s tem izvajajo pritisk na juvenilne osebkke.

Označevanje in vračanje samcev nam v idealnih pogojih omogoča tudi približno oceno velikosti populacije in sledenje potencialnih premikov med gramoznicami, vendar tega še nismo statistično dokazovali.

Samice z jajčeci so zaradi varovanja zaroda spomladi manj aktivne kot samci, zato jih tudi težje ujamemo. Zaradi odstranjevanja samic iz populacije se lahko zgodi, da samice hitreje spolno dozori in imajo večje število jajčec (Gherardi in sod., 2011). Pri trnavcu je znana tudi apomiktična partenogeneza, kar eradikacijo trnavca dodatno oteži. Zaenkrat apomiktične partenogeneze v naravi še niso opazili (Kozak in sod., 2015). V letu 2021 smo ponovno ujeli 155 označenih samcev; za te pridobljene podatke še nismo opravili analize.

### 6.1.5 Uspeh odstranjevanja trnavcev tekom sezone

Pri odstranjevanju trnavca v letu 2021 smo bili najuspešnejši na začetku jeseni (septembra), podobno kot smo bili najuspešnejši tudi v letu 2020, za razliko od leta 2019, ko je izstopala uspešnost ulova v avgustu. Večje število ujetih osebkov v septembru lahko potencialno pripišemo povečani aktivnosti zaradi začetka paritvenega obdobja, ki nastopi v obdobju nekoliko nižjih temperatur. Paritveno obdobje v evropskem prostoru običajno nastopi septembra (Hirsch in sod., 2015). Obenem večja uspešnost odstranjevanja sovпада tudi z uporabo metode elektroizlova s čolna. Večji del ujetih osebkov je izhajal iz Gramoznice 7, v kateri smo bili tudi v lanskem letu (2020) najuspešnejši prav septembra. Najvišje povprečne mesečne temperature vode smo pričakovano zabeležili poleti.

Glede na število ujetih osebkov ocenjujemo, da je gostota populacije trnavca največja v Gramoznici 7, kjer so ujeti osebkovi predstavljali kar 76,8 % vseh ujetih trnavcev v letošnjem letu (2021). Po številu ujetih osebkov ji je sledila Gramoznica 5, katere ulov predstavlja 13,35 % vseh ujetih osebkov v letu 2021. Sledi Gramoznica 1, kjer je delež ujetih osebkov predstavljal 8,3 % vseh ujetih osebkov.

V preostalih gramoznicah je skupni delež ujetih osebkov v letu 2021 znašal manj kot 2 % celotnega ulova.

Vrhunec lovne sezone glede na uspeh ulova so v letu 2021 predstavljali meseci junij, julij in september. V teh mesecih je bil uspeh verjetno posledica večje aktivnosti rakov v večini gramoznic zaradi višjih temperatur vode in daljše fotoperiode.

V gramoznicah dolvodno od Gramoznice 8 smo letos potrdili prisotnost trnavca v Gramoznici 10. Zaradi neurij in padlih dreves je bilo območje težko dostopno. Ob višjih vodah je Gramoznica 8 povezana z Gramoznico 7, kar pomeni, da se lahko osebkovi razširjajo dolvodno. Velika verjetnost pa je, da jim bolj ustreza habitat v gramoznicah, saj je za to vrsto značilno, da kljub temu, da poseljujejo zelo različne habitate, raje izbirajo tople, počasi tekoče vode z muljastim dnom (Henttonen in Huner, 1999; Puky in Schad, 2006; Holdich in sod., 2006).

### 6.1.6 Razmerje med spoloma in velikost ujetih osebkov

V letu 2021 je delež ujetih samcev predstavljal 59,2 %, delež ujetih samic pa 40,8 %, kar predstavlja razmerje 1:0,67 v prid samcem.

Razmerje med samci in samicami, izračunano na podlagi ujetih osebkov v letu 2017, je bilo 1,02:1. Leta 2018 smo zabeležili razmerje 1:1,16, v letu 2019 pa 1:1,09. Ker smo v vzorec zajeli osebke iz različnih gramoznic, ki smo jih ulovili v različnih delih leta, bi lahko te majhne razlike teoretično pripisali prav različni aktivnosti osebkov posameznega spola skozi sezono, ali spolni selektivnosti posamezne metode. V stabilnih populacijah je običajno razmerje med spoloma enako (1:1) (Kozak in sod., 2015). V letu 2020 se je izkazalo da je razmerje 1:0,8 v prid samcem. Razmerje nakazuje, da se je delež samcev v populaciji pričel povečevati na račun izločanja samic in vračanja samcev dolžine (CLR) nad 23 mm nazaj v gramoznice, kar je bil naš izvorni cilj. V letu 2021 je bil delež samcev napram samicam 1:0,67. V kolikor je upad deleža samic resnično učinek izvedenih ukrepov, se bo delež samic v prihodnjem letu še dodatno zmanjšal.

V letu 2017 smo prvič, sicer v manjšem obsegu, pričeli z izvajanjem aktivnosti odstranjevanja trnavca na območju gramoznic. Zastopani so bili vsi velikostni razredi, kar je kazalo na stabilno populacijo. Število ulovljenih osebkov je bilo leta 2017 manjše kot v letih 2018 in 2019, najverjetneje zaradi spoznavanja s terenom in iskanja najboljših metod, predvsem pa zaradi manjšega vloženega napora v izlov trnavca. V letu 2018 smo ulovili v povprečju precej manjše osebke ( $\bar{x}_{CLR} = 21,36$  mm) kot v letih 2017 ( $\bar{x}_{CLR} = 29,53$  mm), 2019 ( $\bar{x}_{CLR} = 30,39$  mm), 2020 ( $\bar{x}_{CLR} = 31,97$  mm) in 2021 ( $\bar{x}_{CLR} = 31,41$  mm). Glede na trenutno zbrane podatke se nakazuje trend ulova večjih osebkov vsako naslednje leto. Pri samcih je ta trend bolj očiten, verjetno zaradi vračanja osebkov. Pri samicah so razlike v velikosti (CLR) med leti nekoliko manjše, ampak trend naraščanja velikosti je še vedno opazen. Če se bo trend z leti nadaljeval, to nakazuje na odlov starejših osebkov, ker je mlajših vedno manj. Obstaja tudi verjetnost, da je velikost ujetih osebkov posledica različne stopnje rasti v gramoznicah. Večina ujetih osebkov v letu 2021 izhaja iz Gramoznice 7.

Število ujetih juvenilnih osebkov je odvisno tudi od vpliva visokih voda, ki premeščajo substrat, od same sezone, od tega, kako mila je bila zima, kako topla je pomlad, oz. od hitrih temperaturnih sprememb, na kar lahko vpliva tudi povišan pretok. Konec koncev pa lahko na številčnost juvenilnih osebkov vplivamo tudi mi z odlovom samic z jajci v predelih, ki so običajno dober habitat za nedorasle osebke, in s tem dejansko preprečimo, da bi se ti osebki sploh razvili do konca.

Velik delež juvenilnih osebkov je bil v letu 2018 ujet v Gramoznici 1. Spomladi 2019 so bila na delu Gramoznice 1 opravljena intervencijska dela, s katerimi so ponovno poglobili povezavo med Dravo in Gramoznico 1. Predvidevamo, da je premeščanje substrata negativno vplivalo na številčnost juvenilnih osebkov v letu 2019 in bi se ga bilo ob dokazanem vplivu na zmanjšanje populacije smiselno posluževati tudi v prihodnjih letih, če bi se delež juvenilnih osebkov povečal. Večje samice imajo v povprečju večje število jajčec (Kozak in sod., 2015), kar je lahko tudi razlog za tako številčno populacijo v Gramoznici 7, v kateri so osebki večji kot v drugih gramoznicah. Manjše samice v primerjavi s samci so verjetno posledica vračanja odraslih dominantnih samcev nazaj v gramoznice.

Največ samic z jajčeci smo ulovili v Gramoznici 7. Kljub vsemu zaradi majhne velikosti podmladka obstaja velika verjetnost, da še nismo odkrili vseh optimalnih prostorov za razvoj juvenilnih osebkov. V naslednjem letu bi bilo potrebno izpopolniti metode, s katerimi bi ujeli tudi majhne osebke v obdobju od maja do avgusta. Morda je smiselna uporaba metode »kick sampling« v

plitvinah in izdelava ter postavitvev ekoloških pasti. Metoda »kick sampling« se uporablja za vzorčenje nevretenčarjev, ki živijo na dnu tekočih (lotičnih) vodnih teles, kjer je mreža pod vodo in se okoliški substrat zaradi brcanja premešča in preganja organizme v željeni smeri v past.

### 6.1.7 Signalni rak – prva zabeležena najdba pod jezom Markovci

16. 9. 2021 smo v Gramoznici 1 ujeli samico signalnega raka. Signalni rak je bil v Dravi pri Dravogradu prvič opažen leta 2007. Po dosedaj znanih podatkih je prisoten na območju med Dravogradom in Ptujem, od Ptujskega jezera do Središča ob Dravi ga do 2020 niso ujeli (Govedič in sod., 2007; Govedič in sod., 2015; Govedič in Vrezec, 2018; Košir, 2020).

Vpliv signalnega raka na trnavca je bil raziskan v raziskavi Krzywosz (2006) na Poljskem v reki Naryjsko Strugo. Na to območje se je podobno, kot v primeru Drave pod Ptujskim jezerom signalni rak naselil sekundarno za trnavcem. Že kmalu po naselitvi signalnega raka je ta na podlagi uspešnosti ulova v vrše postal dominanten, saj je signalni rak predstavljal od 99 – 100% ulova. Signalni rak je tako izpodrinil ali vsaj omejil številčnost trnavca na tem območju. Velja pa izpostaviti, da se trnavci slabše lovijo v vrše (Mrzelj in sod., 2020; Marguč in sod., 2021).

James in sod. (2015) so v obdobju petih let ugotovili, da se je v reki Lee (Združeno kraljestvo) nedavno vneseni tujerodni bradavičasti trnavec (*Orconectes virilis*), kljub prisotnosti uveljavljene populacijetujerodnih signalnih rakov (*Pacifastacus leniusculus*) namnožil in razširil. Na območjih, kjer sta bli prisotni obe vrsti, so imeli bradavičasti trnavci škodljiv učinek na številčnost signalnih rakov, ne pa obratno. Z dodatnimi vedenjskimi poskusi so ugotovili, da so bili bradavičasti trnavci agresivnejši odsignalnih rakov, in uspešnejši pri zapolnjevanju skrivališč. Ker v tem primeru ne gre za trnavca, vendar njemu podobno vrsto, učinka bradavičastega trnavca v primerjavi s trnavcem na signalnega raka ne moremo neposredno enačiti.

### 6.1.8 Načrtovanje uporabe metod v naslednjem letu

Glede na razgibanost terena in ekologijo trnavca menimo, da je za učinkovito odstranjevanje te vrste ključna uporaba kombinacije različnih metod, saj žal popolna, univerzalna metoda za odstranjevanje vrste ne obstaja. Prav vsaka metoda ima nekaj pozitivnih in negativnih lastnosti. Na plitvejših predelih z veliko skrivališči in v času manjše aktivnosti se bomo posluževali metode lova z roko in postavitve večjega števila zidakov. Načrtujemo, da bomo najpogosteje izvajali elektroizlov. Za zelo učinkovito se je izkazala metoda elektroizlova s čolnom, ki jo nameravamo v naslednjem letu uporabiti še v večji meri.

V letu 2022 bo potrebno povečati napor na območju dolvodno od Gramoznice 8. Izlova bi se lahko lotili s sistematičnim nočnim pregledovanjem struge dolvodno od Gramoznice 8 z uporabo metode lova z roko. Zaradi slabšega poznavanja terena in globljih predelov je v nočnem času vzorčenje z elektroagregatom nevarnejše. Še naprej pa je pomembno okrepljeno izvajati eradikacijo predvsem v gramoznicah z visoko populacijsko gostoto (G1, G5 in G7) in s tem preprečiti nadaljnje širjenje in povečanje populacije v ostalih gramoznicah, za katere kaže, da je v letu 2021 številčnost trnavca v njih upadla. Na podlagi izkušenj iz preteklosti opažamo, da je razporeditev samic med prezimovanjem gručasta. Ker ne poznamo vseh optimalnih območij oz. pogojev prezimovanja samic, bi bilo smiselno izvesti telemetrično spremljanje samic, ki ga načrtujemo v letu 2022, saj bi

lahko na ta način zelo tarčno definirali ta področja. V primeru najdbe območij, kjer prezimuje glavčina samic, bi lahko na teh področjih izvedli specifične ukrepe. Poleg samic nas zanima tudi gibanje in preživetje vrnjenih samcev, vendar slednje ni prioriteta.

Poleg metod, ki jih izvajamo, obstajajo tudi cenejše, morda učinkovitejšeki so podrobneje obrazložene v poročilu za leto 2019 (Mrzelj in sod., 2020) in v Poročilo o evidentiranju izhodiščnega stanja izbranih vrst in habitatnih tipov na IP območjih (Bedjanič in sod., 2021). Zaradi možnih neželenih stranskih učinkov, pristojnosti, veljavne zakonodaje in pomislekov glede uporabe se bomo o uporabi novih metod v času projekta dogovorili z ostalimi partnerji projekta. Vsekakor pa je smiselno slediti trendom in primerom dobre prakse pri eradikaciji invazivnih tujerodnih vrst.

Bedjanič in Vrezec (2021) predlagata nekaj ukrepov eradikacije trnavca: uporaba biocidov, izdelava batimetričnega modela topografije dna gramoznic z namenom določitve potrebne koncentracije biocida, manipulacija pretoka reke Drave pod jezom Markovci, odstranjevanje obrežnega pasu vegetacije, vračanje sterilnih samcev (odstranitvev gonopodijev), vnos predatorjev rakov, postavitvev pasti ART (Artificial Refuge Traps) in uporaba ogljikovega dioksida. Nekaj ukrepov smo izvedli že v letu 2021, V letu 2022 načrtujemo postavitvev večjega števila zidakov oz. ekoloških pasti (ART pasti) z namenom učinkovitejšega izlova trnavcev. Glede ostalih predlaganih metod se bomo v pomladanskem času leta 2022 sestali s predstavniki NIB, da dorečemo smiselnost in izvedljivost predlaganih metod.

### 6.1.9 Ozaveščanje

Ozaveščanje širše javnosti, predvsem naključnih mimoidočih, smo izvajali tudi tekom samih vzorčenj. Okoliški sprehajalci in tudi ribiči so pogosto pokazali zanimanje za naše delo, zato smo tekom pogovora zainteresiranim predstavili tudi samo problematiko tujerodnih in invazivnih vrst.

Odziv na eno izmed objav na spletu je pripomogel, k odkritju populacije ozkoškarjevca v reki Pivke.

Na spletni strani ZZRS imamo tudi tri povezave, ki se dotikajo dotične problematike raka trnavca:

<https://www.zzrs.si/page/life-ip/>

<https://www.zzrs.si/portfolio/life-ip/>

<https://www.zzrs.si/page/trnavec-faxonius-limosus/>

## 7 SKLEPI IN ZAKLJUČKI

- V letu 2021 smo, tako kot v letih od 2017 do sedaj, izvajali ukrep odstranjevanja populacije trnavca na edini znani lokaciji za to vrsto v Sloveniji. Samice in spolno nezrele samce smo aktivno odstranjevali, medtem ko smo označene, spolno zrele samce vračali na mesta ulova.
- Na območju razširjenosti smo s kombinacijo metod skupno ujeli 1578 osebkov, kar je 494 manj kot v letu 2020, ko smo jih ujeli 2072. Odstranili smo 6141 jajčec.
- Pri pregledu območja smo ugotovili, da je vrsta še vedno razširjena znotraj območja gramoznic. Izven znanega območja trnavcev nismo zasledili. Ocenjujemo, da so lahko predvsem pri najvišjih pretokih Drave posamezni osebki preko Zatoka in Kanala 2 potencialno prešli v reko Dravo. Dolvodno od Gramoznice 8 smo v letu 2021 ujeli dva osebka trnavca – oba osebka sta bila samca.
- V Gramoznici 1 smo letos prvič ujeli samca signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*), kar je prva zabeležena najdba na obravnavanem območju. Signalni rak je do sedaj že široko razširjen v reki Dravi do Ptujskega jezera, v Dravi in gramoznicah dolvodno od jezua v Markovcih pa še ni bil zabeležen (Govedič in Vrezec, 2018; Košir, 2020).
- Z metodami elektroizlova smo ulovili največje število osebkov. Kljub temu, da smo bili z metodo lova z vršami in lova z roko manj uspešni, sta ti metodi uporabni za lov tistih osebkov, ki jih zaradi omejitev pri izvajanju elektroizlova ne ulovimo. Ker imajo vse izmed uporabljenih metod na določenih območjih oz. v določenih habitatih in sezonskih obdobjih pomanjkljivosti in prednosti, smo mnenja, da je za učinkovito odstranjevanje osebkov potrebna kombinacija sprejemljivih metod.
- Največ trnavcev smo ujeli v Gramoznici 7, kjer smo ulovili kar 76,8 % vseh osebkov. Sledila je Gramoznica 5, v kateri je bilo ujetih 13,35 % vseh osebkov. Že v letu 2019 smo ocenili, da se v teh dveh vodnih telesih nahaja največji del populacije trnavca, zato smo ti dve gramoznici v letu 2021 izlavljali najbolj intenzivno.
- V obdobju lovne sezone (2021) je bilo razmerje med samci in samicami na celotnem območju 1:0,67 v prid samcem. Leta 2020 je bilo to razmerje 1:0,8 v prid samcem. V letu 2019 je bilo razmerje med spoloma v prid samicam, in sicer 1:1,09. Predvidevamo, da se že kaže vpliv vračanja označenih samcev in odstranjevanje samic iz populacije. Večji delež samcev v populaciji kaže na uspešnost trenutno izvedenih aktivnosti.
- V letošnjem letu (2021) je povprečna dolžina glavoprsja z rostrumom (CLR) vseh ujetih osebkov znašala 31,41 mm, kar je nekoliko manj kot v letu 2020, ko je povprečna dolžina znašala 31,97 mm; hkrati je povprečna dolžina večja kot v letu 2019 (30,39 mm) ter letih 2017 (29,53 mm) in 2018 (21,36 mm). Leta 2017 je bila povprečna izmerjena vrednost

CLR 29,53 mm. Iz povprečnih velikosti samcev in samic je opazen trend večanja velikosti ujetih osebkov. Trend nakazuje staranje populacije.

- V prihodnjem letu (2022) bomo nadaljevali z odstranjevanjem trnavcev iz sistema gramoznic in ponovno pregledali širše območje razširjenosti, predvsem sotočje Dravinje in Drave.
- O nevarnosti invazivnih vrst, predvsem trnavca, smo ozaveščali lokalno prebivalstvo (tudi direktno na terenu).

## 8 ZAHVALA

Za vso pomoč in sodelovanje tekom terenskega dela bi se še posebej radi zahvalili:

- Članom ribiške družine Ptuj,
- ekipi Štirne, ki je skrbela za komunikacijo z javnostjo,
- vsem mimoidočim, ki so z zanimanjem spremljali naše delo,
- študentom, ki so nam pomagali pri projektu.

## 9 LITERATURA

Aldridge, D., 2016. Spinycheek crayfish, *Orconectes limosus*. Factsheet. Non-native Species Secretariat (NNSS).

Bedjanič, M., Vrezec, A., Kapla, A., 2021. Poročilo o evidentiranju izhodiščnega stanja izbranih vrst in habitatnih tipov na IP območjih - Akcija A.1.2: Smernice in predlog ukrepov za preprečitev širjenja invazivne tujerodne vrste raka trnavca (*Orconectes limosus*) na vplivnem območju Dravinja s pritoki (SI3000306): Končno poročilo za projekt »LIFE Integrirani projekt za okrepljeno upravljanje Nature 2000 v Sloveniji«, LIFE17 IPE/SI/000011 LIFE-IP NATURA.SI. Nacionalni inštitut za biologijo, Oddelek za raziskave organizmov in ekosistemov, Ljubljana. 25 str. Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana.

Bric B., Hamzić R. 2017. Poskusno odstranjevanje trnavca (*Orcoectes limosus*) iz gramoznic ob Dravi v letu 2017. Poročilo. Zavod za ribištvo Slovenije, Spodnje Gameljne, 2017. 21str.

Buřič, M., 2009. Biology of spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*, Rafinesque, 1817) under conditions of the Czech Republic and the study of factors influencing its invasive spreading. Research institute of fish culture and hydrobiology. University of South Bohemia, Česke Budejovice.

Burič, M., Hulák, M., Kouba, A., Petrusek, A., Kozák, P., 2011. A successful crayfish invader is capable of facultative parthenogenesis: A novel reproductive mode in Decapod Crustaceans. PLoS ONE, 6,5.

Buřič, M., Kouba, A., Kozák P., 2013. Reproductive plasticity in freshwater invader: From long-term sperm storage to parthenogenesis. Plos ONE, 8, 10, e77597.

Crandall, K.A., De Grave, S., 2017. An updated classification of the freshwater crayfishes (Decapoda: Astacidea) of the world, with a complete species list. Journal of Crustacean Biology, 37 (5), 1–39.

Dravske elektrarne Maribor, 2021. Spletni viri in pogovori preko e-pošte.

Filipová, L., Lieb, D. A., Grandjean, F., Petrusek, A., 2011. Haplotype variation in the spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus*: colonization of Europe and genetic diversity of native stocks. Journal of the North American Benthological Society, 30(4), 871-881.

Gherardi, F., Aquiloni, L., Diéguez-Uribeondo, J., Tricarico, E., 2011. Managing invasive crayfish: is there a hope? Aquatic Sciences, 73:185-200.

Govedič, M., Bedjanič, M., Grobelnik, V., Kapla, A., Kus Veenvliet, J., Šalamun, A., Veevliet, P., Vrezec, A., 2007. Dodatne raziskave kvalifikacijskih vrst Natura 2000 s predlogom spremljanja stanja – raki (končno poročilo). Miklavž na Dravskem polju, Center za kartografijo favne in flore.

Govedič, M., Vrezec, A., Jaklič, M., Lešnik, A., Grobelnik, V., Šalamun, A., Amrožič, Š., Kapla, A., 2015. Vzpostavitev in izvajanje monitoringa koščaka (*Austopotobius torrentium*) in koščenca

(*Austropotamobius pallipes*) v letih 2014 in 2015. Končno poročilo. Miklavž na Dravskem polju, Center za kartografijo favne in flore.

Govedič, M., 2017. First record of the spiny-cheek crayfish (*Oronectes limosus*) in Slovenia – 300 km upstream from its known distribution in the Drava River. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems*. 2017, 418, 7.

Govedič, M. & A. Vrezec, 2018. Raziskava razširjenosti signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*) v letu 2018. Center za kartografijo favne in flore, Miklavž na Dravskem polju. 20 str. Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana.

Govedič, M., Vrezec, A., Jaklič, M., Lešnik, A., Grobelnik, V., Šalamun, A., Ambrožič, Š., 2015. Vzpostavitev in izvajanje monitoringa koščaka (*Austropotamobius torrentium*) in koščenca (*Austropotamobius pallipes*) v letih 2014 in 2015. Končno poročilo. Center za kartografijo favne in flore, Miklavž na Dravskem polju, 56 str. Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana.

Henttonen, P., Huner, J.V., 1999. The introduction of alien species of crayfish in Europe: A historical introduction, Pp. 13-22. In: Gherardi, F., Holdich, D.M., (eds.) *Crayfish in Europe as alien species. How to make the best of a bad situation?* *Crustacean Issues* 11, A.A. Balkema, Rotterdam.

Hirsch, P., Burkhardt-Holm, P., Töpfer, I., Fischer, P., 2015. Movement patterns and shelter choice of spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) in a large lake's littoral zone. *Aquatic Invasions*, 11: 55-65.

Holdich, D., Black, J., 2007. The spiny-cheek crayfish, *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) [Crustacea: Decapoda: Cambaridae], digs into the UK. *Aquatic Invasions* 2: 1–16.

Holdich, D., Haffner, P., Noël, P., 2006. Species files. In: *Atlas of Crayfish in Europe*, [ed. by Souty-Grosset, C., Holdich, D., Noël, P., Reynolds, J., Haffner, P. Paris, France: Museum national d'Histoire naturelle. 50-129.

International Union for Conservation of Nature, 2020. IUCN Red List of Threatened Species, Version 2020-2.

James, J., Thomas, J.R., Ellis, A., Young, K.A., England, J., Cable, J., 2015. Over-invasion in a freshwater ecosystem: newly introduced virile crayfish (*Orconectes virilis*) outcompete established invasive signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*). *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*.

Košir, J., 2020. Popis in ocena velikosti populacije signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*, Astacidae, Decapoda) v reki Dravi med HE Vuhred in HE Ožbalt. Magistrsko delo, Univerza v Mariboru.

Kozák, P., Buřič, M., Polica, T., Homáčková, J., Lepičová, A., 2007. The effect of inter- and intra-specific competition on survival and growth rate of native juvenile noble crayfish *Astacus astacus* and alien spiny-cheek crayfish *Orconectes limosus*. *Hydrobiologia*, 590: 85-94.

Kozak, P., Duriš, Z., Petrusek, A., Burič, M., Horka, I., Kouba, A., Kozubikova-Balcarova, E., Policar, T., 2015. Crayfish Biology and Culture. Faculty of Fisheries and Protection of Water. University of South Bohemia, České Budejovice.

Krzywosz, T., 2006. Co-occurrence of the signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus* (Dana)) and the spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus* (Raf.)) in a foothill-like river (Northern Poland). Department of Lake Fisheries, The Stanislaw Sakowicz Inland Fisheries Institute in Olsztyn, Poland.

Maguire, I., Klobučar, G., 2003. Appearance of *Orconectes limosus* in Croatia. Crayfish news (1023-8174) 25; 7-7.

Manfrin, C., Souty-Grosset, C., Anastácio, P., Reynolds, J., Giulianini, P., 2019. Detection and Control of Invasive Freshwater Crayfish: From Traditional to Innovative Methods. Diversity Journal, 11, 5.

Marguč, D., Mrzelj, L., Kukulja, V., Sanda, Ž., 2021. Izlavljanje invazivnega raka trnavca *Faxonius limosus* na področju stare struge reke Drave pod jezom Markovci, Slovenija. Drugo letno poročilo. Akcija A.1.2, Life IP Life 17 IPE/SI/000011, Zavod za ribištvo Slovenije.

Mrzelj, L., Kukulja, V., Marguč, D., 2020. Izlavljanje invazivnega raka trnavca *Faxonius limosus* na področju stare struge reke Drave pod jezom Markovci, Slovenija. Prvo letno poročilo. Akcija A.1.2, Life IP Life 17 IPE/SI/000011, Zavod za ribištvo Slovenije.

Peay, S., Dunn, A., Kunin, W., McKimm, R., Harrod, C., 2014. A method test of the use of electric shock treatment to control invasive signal crayfish in streams. Aquatic conservation 25, str. 874-880.

Puky, M., Schád, P., 2006. *Orconectes limosus* colonises new areas fast along the Danube in Hungary. Bulletin Francais de la Pêche et de la protection des Pisciculture; 380–381: 919–926.

Roškar, B., 2012. Hidroelektrarne na reki Dravi in njihov vpliv na poplavno ogroženost. Diplomsko delo, Višja prometna šola Maribor.

Semrajc, B., 2018. Priprava strokovnih podlag pri uveljavitvi ukrepov za odstranitev in obvladovanje vodnih invazivnih tujerodnih vrst. Poročilo o izvedenih aktivnostih v letu 2018. Zavod za ribištvo Slovenije, Ljubljana 2018.

Sepros, R., Farkas, A., Sebestyen, A., Lokkos, A., Kelbert, B., Gal, B., Puky, M., Weiperth, A., 2018. Current status and distribution of non-native spiny cheek crayfish (*Faxonius limosus* Rafinesque, 1817) in lake Balaton. Hungarian Agricultural Research 2018/3. 20-26.

Śmietana, N., Panicza, R., Sobczaka, M., Nędzarekb, A., Śmietanac, P., 2020. Variability of elements and nutritional value of spiny-cheek crayfish (*Faxonius limosus*, Rafinesque, 1817): Variability of elements and nutritional value of *F. limosus*. Journal of Food Composition and Analysis 94.

Tricarico, E., 2019. *Faxonius limosus* (Spiny-cheek crayfish). CABI Invasive Species Compendium. <https://www.cabi.org/isc/datasheet/72033>

Vojkovská, R., Horká, I., Ďuriš, Z., 2014. The diet of the spiny-cheek crayfish in the Czech Republic. *Central European Journal of Biology*, 9, 1: 58-69.

Weinländer, M., Müller, M., Vogl, G., Niedrist, G., 2019. Wiederentdeckung des Edelkrebse im Weissensee in Koexistenz mit dem Kamberkrebs – Resistenz gegenüber der Krebspest? *Carinthia II*: 635-654.

Zhang Guan, R., 1997. An Improved Method for Marking Crayfish. The Clore Laboratory for Life Sciences, The University of Buckingham, Buckingham, United Kingdom.