






Izlov signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*) v reki Kučnici v letu 2021



Zaključno poročilo

Ljubljana, oktober 2021

Priporočen način citiranja: Gregorc T., Likožar L., Slameršek A.: 2021. Izlov signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*) v reki Kučnici v letu 2021. Zaključno poročilo. Inštitut Lutra, Ljubljana. 23 str. + 2 prilogi [Naročnik: Javni zavod KP Goričko]

| | |
|---------------------------|---|
| Naslov naloge: | Izlov signalnega raka (<i>Pacifastacus leniusculus</i>) v reki Kučnici v letu 2021 |
| Naročnik: | Javni zavod Krajinski park Goričko Grad 191 9264 Grad, Slovenija |
| Izdelovalec naloge: |  <p>Lutra, Inštitut za ohranjanje naravne dediščine Pot ilegalcev 17 1210 Ljubljana – Šentvid e-mail: info@lutra.si</p> <p><small>Inštitut za ohranjanje naravne dediščine Institute for Conservation of Natural Heritage</small></p> |
| Nalogo izdelali: | Tatjana Gregorc, univ. dipl. biol. Lea Likozar, univ. dipl. biol. Andreja Slameršek, prof. kem. in biol. |
| Odgovorni nosilki naloge: | Lea Likozar, univ. dipl. biol.  in Tatjana Gregorc, univ. dipl. biol.  |
| Direktor zavoda: | dr. Miha Adamič, univ. dipl. inž. gozd.  |
| Št. pogodbe: | EP 04/2021 (430-0005/2021)  |
| Datum poročila: | Oktober 2021 |

KAZALO VSEBINE

| | |
|--|----|
| 1. UVOD | 4 |
| 1.1. OPIS OBMOČJA | 4 |
| 1.2. SIGNALNI RAK (<i>Pacifastacus leniusculus</i>)..... | 6 |
| 1.3. VPLIV NA DOMORODNE VRSTE IN EKOSISTEME | 7 |
| 2. METODA DELA | 10 |
| 2.1. IZLOV Z VRŠAMI | 10 |
| 2.2. ELEKTROIZLOV | 11 |
| 3. REZULTATI..... | 12 |
| 3.1 IZLOV Z VRŠAMI | 13 |
| 3.2 ELEKTROIZLOV | 17 |
| 4. ZAKLJUČEK..... | 18 |
| 5. VIRI..... | 19 |

KAZALO SLIK

| | |
|---|----|
| Slika 1. Hidrogeografska območja. _____ | 5 |
| Slika 2: Signalni rak (<i>Pacifastacus leniusculus</i>). (Foto: S. Zavrtnik) _____ | 6 |
| Slika 3: Vzorčno mesto Cankova _____ | 10 |
| Slika 4: Vzorčno mesto Gederovci _____ | 10 |
| Slika 5: Vzorčno mesto Petanjci _____ | 10 |
| Slika 6: Vzorčno mesto Kučnica pred izlivom _____ | 10 |
| Slika 7: Ulov signalnih rakov v Gederovcih _____ | 12 |
| Slika 8: Število osebkov in spolna struktura osebkov vrste signalni rak na vzorčnem mestu Gederovci – Sichelendorf v posameznih vzorčenjih v letu 2021. _____ | 13 |
| Slika 9: Število osebkov signalnega raka v posameznem velikostnem razredu glede na spol v letu 2021 (izmerjenih 87 osebkov). _____ | 14 |
| Slika 10: Poškodovanost osebkov vrste signalni rak glede na spol v letu 2021. _____ | 14 |
| Slika 11: Lokacije izlova z vršami v letu 2021. Elektroizlov je bil opravljen na lokaciji Gederovci. _____ | 15 |
| Slika 12: Lokacije vrš in rezultati vzorčenja na Kučnici v letu 2019. _____ | 16 |

KAZALO TABEL

| | |
|---|----|
| Tabela 1: Pomembnost različnih dejavnikov ogrožanja avtohtonim vrstam rakov v Evropi; v alpski regiji so prisotne vrste <i>A. pallipes</i> , <i>A. torrentium</i> , <i>A. astacus</i> , v ostalih pa <i>A. astacus</i> . (Povzeto po Schulz in Schulz 2004) _____ | 8 |
| Tabela 2: Rezultati vzorčenja na Kučnici v letu 2021. _____ | 17 |

SEZNAM PRILOG

Priloga 1: Rezultati izlova z vršami v letu 2021 (.shp)

Priloga 2: Rezultati elektroizlova ZZRS (22.9.-23.9.2021)

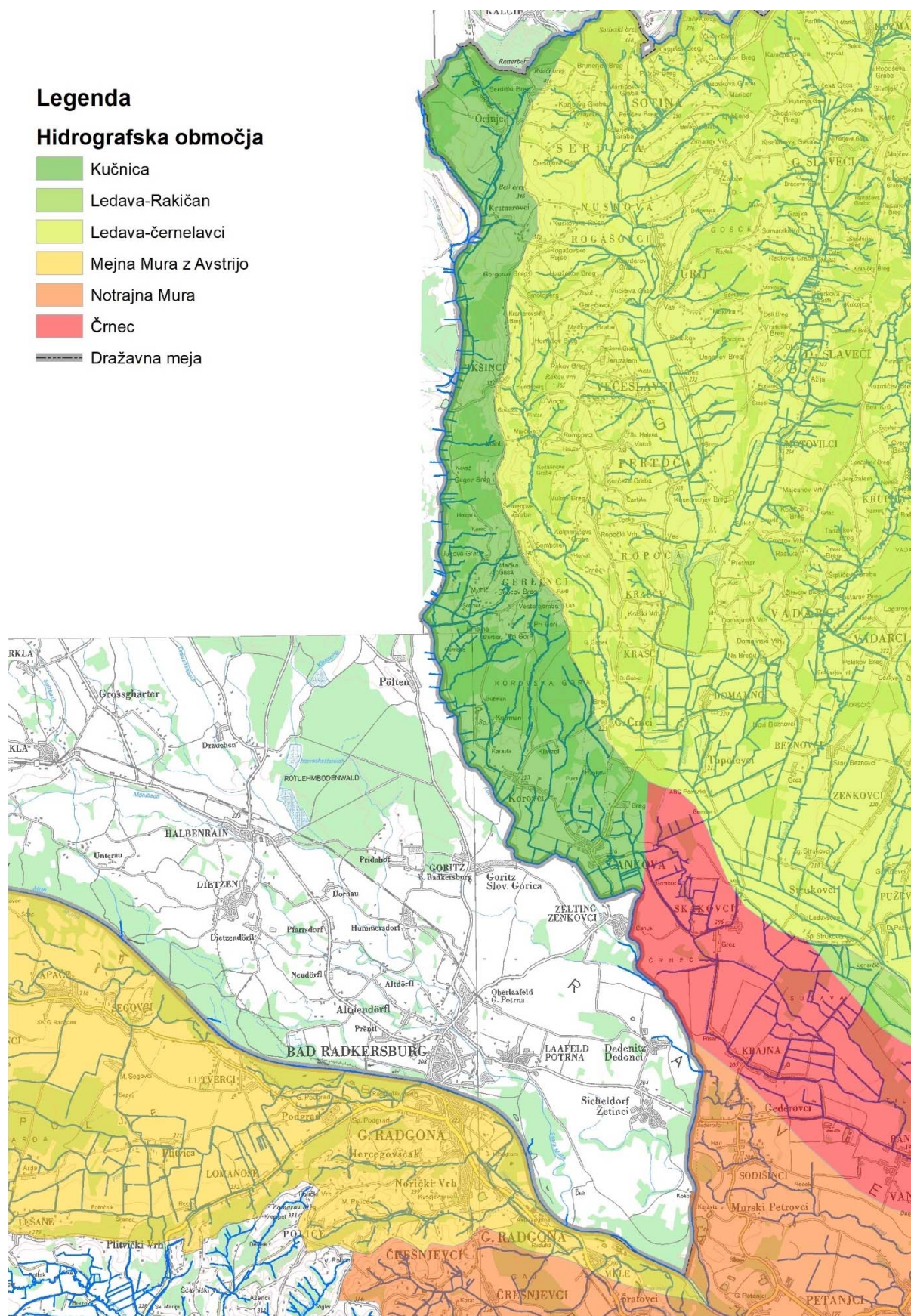
1. UVOD

Javni zavod KP Goričko, upravljavec zavarovanega območja Krajinski park Goričko (KPG), je v letu 2021 naročil izlov signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*) v mejni reki Kučnici. Signalni rak je uvrščen na seznam invazivnih tujerodnih vrst, ki zadevajo Unijo v skladu z Uredbo (EU) št. 1143/2014 Evropskega parlamenta in Sveta (EUR-Lex – 32016R1141 – EN), z dne 22. oktobra 2014, o preprečevanju in obvladovanju vnosa in širjenja invazivnih tujerodnih vrst. Izlov smo opravili v skladu z dovoljenjem, izdanim na podlagi Uredbe o zavarovanih prostoživečih živalskih vrstah (Ur. l. RS, št. 46/04, 109/04, 84/05, 115/07, 32/08 – odl. US, 96/08, 36/09, 102/11, 15/14 in 64/16) (št. dovoljenja 35601-33/2017-4, z dne 24. 07. 2017).

1.1. OPIS OBMOČJA

Kučnica je mejna reka med Slovenijo in Avstrijo na zahodnem delu Goričkega. Izvira v Avstriji pri naselju Sv. Ana na Igu. V reko Muro se izliva pri Petanjcih. Kučnica je skoraj v celoti regulirana in od Gerlinec naprej teče po široki dolini. V letih 1965-1967 in 1981-1986 so potekale obsežne regulacije, ki so Kučnico spremenile v raven odtočni kanal s trapezastim profilom. Pritoki Kučnice so pretežno osuševalni kanali, s katerimi so v preteklosti osušil mokrotne travnike ob reki (Bauman 2001). prekinjena je bila povezava med Kučnico in Mokošem. Zaradi regulacije Kučnico so se vodne razmere močno spremenile, Kučnica je bila speljana naravnost v reko Muro in povezava z Mokošem je bila prekinjena (Katalinič in sod. 2006). Kljub močno preoblikovani strugi in negativnem vplivu intenzivnega kmetijstva je v osrednjem delu habitat sladkovodnih školjk mala brezzobka (*Anodonta anatina*) in navadni škržek (*Unio crassus*) ter raka jelševca (*Astacus astacus*) (Tiefenbach 2012).

Kučnica ima dežno-snežni rečni režim z visokimi vodami spomladi in nizkimi poleti in pozimi. Podnebje na Goričkem je sorazmerno suho, letno pade okoli 850 mm padavin, v sušnih letih tudi manj kot 600 mm, kar je najmanj v Sloveniji.



Slika 1. Hidrogeografska območja.

1.2. SIGNALNI RAK (*Pacifastacus leniusculus*)

Poglavje je povzeto po Zavratnik in Gregorc (2019).

Raki (Crustacea) so členonožci. Eden od redov višjih rakov (Malacostraca) so deseteronožci (Decapoda). Mednje spada družina dolgorepkih škarjevcev oz. košarjev (Astacidae) (Sket 2003), v katero uvrščamo vse avtohtone evropske vrste potočnih rakov. Druge v Evropi neavtohtone vrste spadajo v družini Cambaridae in Parasticidae. V Sloveniji je bilo do sedaj v naravi registriranih šest tujerodnih vrst potočnih rakov, vzpostavljene populacije so bile odkrite pri treh (Govedič in Vrezec 2018).

Vrsta signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*) izvira iz Severne Amerike, v 19. stoletju so ga začeli naseljevati po vsej Evropi, kjer danes velja za najbolj razširjeno invazivno vrsto sladkovodnih rakov (Johnsen in sod. 2010), ki lahko dolgoročno vpliva negativno na celoten vodni ekosistem (Vaeßen in Hollert 2015, Mathers in sod. 2016). V Sloveniji je bil prvič zabeleženo odkrit leta 2003 v reki Muri, leta 2007 pa tudi v Dravi (Govedič in Vrezec 2018).

V Sloveniji naseljuje signalni rak podobne habitate kot domorodni jelševец (*Astacus astacus*). Najdemo ga v različnih habitatih, od majhnih potokov do velikih rek in jezer, od eutrofičnih do oligotrofnih vod. Raje izbere počasi tekoče vode, zavetje običajno poišče v skalnih razpokah ali pod naplavinami in koreninami. Vrsta koplje račine (Govedič in Vrezec 2018), vendar je aktivnost pogostejša pri mlajših osebkih (ISC 2019). Optimalna temperatura vode za življenje odraslih osebkov je 15–23 °C, sposoben pa je prenašati temperature tudi do 33 °C prav tako tudi brakično vodo do slanosti 20 ppt. (ISC 2019).



Slika 2: Signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*). (Foto: S. Zavratnik)

Morfološke značilnosti vrste so (povzeto po Govedič, 2006):

- barva telesa med svetlo in temno rjavo, včasih do opečnate,
- značilna je bela do svetlo modra lisa na pregibu robustnih škarij, na spodnji strani so škarje rdečkaste,
- povprečna dolžina telesa odraslih osebkov od 15 do 17 cm,

- dva para za-očesnih grebenov oz. postorbitalnih trnov, vratna brazda je brez trnov,
- rostrum po vsej dolžini enako širok ali trapezoiden, osrednji greben viden in brez trnov,
- površina škarij zelo drobno zrnata, na otip skoraj gladka.

Razmnoževanje je podobno kot pri drugih vrstah potočnih rakov, prične se s padcem temperature v jeseni. Parjenje in drstenje se odvijata septembra ali oktobra, samice nato prenašajo jajca na pleopodih vso zimo do marca oziroma aprila, ko se voda segreje. Izleganje v hladnejših vodah je poznejše (junij in julij), saj je rast odvisna od temperature. Večina osebkov spolno dozori v naslednjem poletju. Rast je odvisna tudi od gostote, za majhne, na novoustanovljene populacije je značilna hitra rast v kratkem obdobju. Med drugimi vrstami zmerne pasu velja kot ena najhitreje rastočih vrst rakov. V naravi lahko preživijo tudi 9 let. (Procopio 2019)

1.3. VPLIV NA DOMORODNE VRSTE IN EKOSISTEME

Poglavje je povzeto po Zavratnik in Gregorc (2019).

Invazivne vrste rakov so običajno kompetitivno superiorne nad avtohtonimi vrstami zaradi večjih klešč ali večjega telesa, bolj agresivne narave in/ali manjše dovzetnosti za predacijo rib (Usio s sod. 2001, Vorburger in Ribi 1999). Zaradi predatorstva in kanibalizma so razpoložljiva zavetišča eden ključnih omejujočih dejavnikov za katere raki tekmujejo in kažejo znotraj vrstno agresijo (Usio s sod. 2001, Vorburger in Ribi 1999).

S poskusi so dokazali, da je signalni rak izrazito dominantnejši pri enako velikih osebkih glede na vrsto jelševca (*Astacus astacus*), Čeprav gre lahko le za nekaj mm razlike pri velikosti, je to ključno in dovolj za uspešno izpodrivanje (Vorburger in Ribi 1999). V nekaterih vodotokih lahko gostota signalnih rakov preseže 20 osebkov na m² (Stenroth in Nyström 2003). Poleg tega ima signalni rak (in druge severnoameriške vrste) podaljšano skrb za zarod, ki je ključna za uspešno kolonizacije celinskih voda. Morfološke strukture in etološke značilnosti za »oklepanje matere« so prilagoditve izvaljenih osebkov severnoameriških vrst rakov, česar pri evropskih vrstah ni (Holdich 2005). Čeprav za signalnega raka ni znano, da bi v prvotnem naravnem okolju (ZDA) kopal luknje (račine), v Angliji (in drugod po Evropi) to počne precej pogosto (10–20 račun/m²) in s tem uničuje bregove rek in jezer (Usio s sod. 2006, Souty-Grosset s sod. 2006). Poleg tega lahko signalni rak kot skrivališča uporablja blato (se zakoplje) in je manj odvisen od razpoložljivih račun (lukenj in špranj), kot evropske vrste (Vorburger in Ribi 1999). Tujerodne vrste tako nimajo vpliva samo na avtohtone rake, ampak izpodrivajo tudi številne druge vodne organizme (ribe, dvoživke, nevretenčarje in alge) (Usio s sod. 2001); na Japonskem signalnega raka povezujejo z izgubo številnih vrst makrofitov v močvirjih (Usio s sod. 2006).

Signalni rak ima lahko močan vpliv tudi na ostale združbe v vodotokih: neposredno z zmanjšanjem števila vrst nevretenčarjev in izpodrivanjem ranljivih plenilskih skupin (pijavk, kačjih pastirjev) kot tudi njihovega plena, ter posredno s vplivom na povečanje produkcije bentičnih alg zaradi dvigovanje sedimenta med premikanjem po dnu vodotokov. Signalni rak je sicer bolj požrešen, bolj tolerant na spreminjajoče okoljske parametre in manj občutljiv na plenjenje kot avtohtone evropske vrste (Stenroth in Nyström 2003). Je oportunist, pojé vse, kar je na voljo, vključno z osebki svoje vrste (kanibalizem) in vodno vegetacijo. V stoječih vodnih sistemih imajo vpliv predvsem na polže (Stenroth in Nyström 2003).

Število signalnih rakov se je v Angliji naglo povečalo in vrsta je izpodrinila avtohtono vrsto koščenca (*Austopotamobius pallipes*) (Peay & Rogers 1999), dokazano pa izpodrine tudi jelševca (*Astacus astacus*) (Vorburger in Ribi 1999). Podobno se dogaja drugje po Evropi (Estonija, Kaldre in sod. 2017). Ugotovili so tudi, da se signalni raki pogosto pariyo s samicami potočnega raka, vendar takšna jajca propadejo (Veenvliet 2009), samice rakov pa imajo le en zarod na leto.

Predvsem v stoječih vodah bogatih s hranili lahko pride do razrasti cianobakterij, ki tvorijo širok spekter toksinov (tudi mikrocistinov), raki se s cianobakterijami. Čeprav poskusi niso dokazali, da bi imeli mikrocistini nekaterih cianobakterij negativne vplive na signalne rake se ti toksini akumulirajo v živali in tako prenašajo po prehranjevalni verigi, tudi do človeka (Lirås s sod. 1998).

Poleg račje kuge so poglavitna grožnja evropskim avtohtonim vrstam rakom ravno tujerodne invazivne vrste rakov (Preglednica 1). Tudi Budihna (2001) kot glavni vzrok ogroženosti domorodnih vrst navaja račjo kugo, ki jo povzroča gliva *Aphanomyces astaci*. V Sloveniji se je ta razširila gor-vodno po Savi in Dravi (1880–1897). Najpozneje bi se naj pojavila v izoliranih vodah, nazadnje v Cerkniskem jezeru leta 1909 (Šulgaj 1937, povzeto po Budihna 2001). Veenvlieta (2009) meni, da račja kuga zaradi razgibanega reliefa v Sloveniji verjetno ni dosegla številnih izoliranih potokov. Tako bi naj imeli v Sloveniji, v primerjavi z mnogimi evropskimi državami, še zelo zdrave populacije rakov. Signalni rak je na povzročitelja kuge praviloma odporen in je večinoma le prenašalec bolezni (Huang in sod. 1994, Bower 2006; DAISIE 2008). Pretekle raziskave na reki Muri so pokazale, da so potočni raki okuženi s povzročiteljem račje kuge (Kušar in sod. 2013), zato ponovni pogini domačih vrst v pritokih Mure, po katerih se vrsta že širi, niso izključeni (Govedič in Vrezec 2018).

Tabela 1. Pomembnost različnih dejavnikov ogrožanja avtohtonim vrstam rakov v Evropi; v alpski regiji so prisotne vrste *A. pallipes*, *A. torrentium*, *A. astacus*, v ostalih pa *A. astacus*. (Povzeto po Schulz in Schulz 2004)

| Grožnja | Alpska regija | Centralna regija | | Vzhodna regija | Severna regija |
|---------------------|---------------|------------------|---------|--------------------|----------------|
| | | Nemčija | Poljska | Estonija / Latvija | |
| Račja kuga | 2/3 | 2 | 1 | 2 | 3 |
| Druge bolezni | ? | ? | 1 | ? | ? |
| Invazivne vrste | 2/3 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| Plenilci | 1 | 2 | 2 | 2 | 1 |
| Nabiranje | 1 | ½ | 1 | 3 | 1 |
| Slabšanje habitata | 2 | 3 | 2 | 2 | 1 |
| Nižanje nivoja vode | 1 | ½ | 2 | 2 | 1 |
| Evtrofikacija | 2 | ½ | 3 | 2 | ½ |
| Zakisanje | 1 | 1 | 1 | 1 | ½ |
| Toksične spojine | 2/3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| Raba tal | 2/3 | 3 | 2 | 3 | 2 |
| Fragmentacija | 3 | 3 | 1 | 3 | 2 |

Legenda: 1 – majhna pomembnost, 2 – srednja pomembnost, 3 – velika pomembnost.

Patogen se z lahkoto prenaša iz enega vodnega telesa v drugega. Verjetni načini prenosa vključujejo vodo, ptice, ribe in vsak predmet, ki je bil v kontaktu s kontaminirano vodo. Gliva *A. astaci* je lahko prisotna v treh oblikah: micelij, zoospora in cista. Micelij je moč najti v kutikuli rakov. Zoospore, infekcijska oblika glive, se sprostijo iz micelija, ko ta izraste iz kutikule, kar se po navadi zgodi, ko je osebek resno bolan ali mrtev pri evropskih vrstah oz.

med levitvijo ali ob poginu pri severnoameriških vrstah. Zoospore se sprostijo v vodo in šibka kemotaksija jim pomaga najti novega gostitelja. Zoospore se lahko spremenijo v ciste in spet v zoospore, t. i. fenomen »ponavljajoče pojavljanje zoospor« (Oidtmann s sod. 2002b). *A. astaci* vstopi v potočnega raka skozi eksoskelet, na mestih, kjer je kutikula tanka in mehka. Hife rastejo v mehkih, nepoapnenih delih kutikule in vzdolž živčnih vlaken. Pritrditve na območjih, kjer je kutikula trda, običajno niso uspešne za razvoj glive. Severnoameriške vrste so skoraj nedovzetne za glivo, saj so sposobne omejiti rast oomicet znotraj kutikule z učinkovito imunsko obrambo, ki pa je običajno ne uniči, ampak jo prisili v neke vrste mirujočo fazo. Ta faza se zaključi, ko se rak levi ali pogine, takrat se oblikuje oomiceta ki sprosti zoospore (Oidtmann s sod. 2004). Evropske vrste poginejo v največ nekaj tednih izpostavljenosti (Govedič 2006). Dol-vodno lahko širjenje boleznin na območju, večjem od 50 km uniči vse rake v manj kot 21 dneh od prve najdbe mrtvega raka. Širjenje po toku navzgor je bilo zabeleženo do 1000 m na teden in 17 km v 10 mesecih. Normalna je 100 % smrtnost, čeprav so z laboratorijskimi poizkusi ugotovili, da je predhodna izpostavljenost subletalnemu številu spor povečala odpornost jelševcev na infekcijo (Bower 2006).

Prvi znak umrljivosti zaradi račje kuge so lahko prisotnost rakov v velikem številu tekom dneva (saj so normalno nočne živali), med katerimi nekateri kažejo očitno izgubo koordinacije pri gibanju in se zlahka prevrnejo na hrbet ter so se nesposobni obrniti. Plavajoče zoospore se prednostno zamehurijo v bližini površinskih poškodb. Sekundarne ciste razvijejo hife, ki proizvajajo litične encime (proteaze, hitinaze in esteraze), ki pospešijo oz. olajšajo penetracijo kutikule. Pri evropskih vrstah je melanizacija počasnejša kot pri severnoameriških, reakcije na poškodovanih mestih pa so manj restriktivne za hifno rast (Bower 2006). Dnevna aktivnost obolelih rakov še poveča širjenje račje kuge, saj so raki lahek plen za številne plenilce, ki lahko pojedjo osebke (in se tako gliva širi z iztrebki) ali pa jih lahko plenilci odvedejo na nove lokacije, kjer gliva še ni prisotna (Oidtmann s sod. 2002b). Ptice in sesalci, ki bi se prehranjevali z okuženimi raki (ali njihovimi kadavri), so malo verjetni kot prenašalci račje kuge, saj so s poskusi ugotovili, da po 12 h na 37 °C (telesna temperatura toplokrvnih živali) noben stadij glive ne preživi. Nasprotno pri ribah v ostankih prebavljenih (okuženih) rakov glive preživijo, zato je problematično prenašanje rib med vodotoki (Oidtmann s sod. 2002b).

Nadzor širjenja infekcije v povodju, ko so inficirani raki že odkriti, je za enkrat še nemogoč. Bolezen se med povodji širi tako s prenosom okužene vode kot tudi z okuženo opremo (škornji, ribiška oprema). Sušenje opreme (več kot 24 h) je učinkovito pri uničevanju kontaminiranih predmetov, ker so oomicete (tudi spore) neodporne na izsuševanje. Prav tako naj ne bi preživela pri -5 °C več kot 24 h (Bower 2006), vendar so Oidtmann s sod. (2002b) s poskusi dokazali, da lahko preživi v naravno okuženih rakih vsaj 48 h pri -20 °C. Nekateri primeri pa nakazujejo, da se populacije rakov v malih jezerih in ribnikih lahko obnovijo, če so okuženi raki izkoreninjeni (100 % smrtnost zaradi boleznin), temu pa šele po nekaj mesecih sledi naselitev neokuženih rakov (Bower 2006). Neobjavljena raziskava je tudi pokazala, da večina populacij severnoameriških vrst rakov, ki so bili testirani, nosijo glivo v kutikuli in je zato vsak uvoz nevaren (Oidtmann s sod. 2002b).

Veenvliet (2009) je mnenja, da tujerodnih rakov ni več mogoče odstraniti, ko enkrat naselijo odprte vode in da je malo verjetno, da bo mogoče preprečiti širjenje signalnega raka po reki Muri in pritokih. Lahko pa se s previdnim ravnanjem zmanjša možnost za širjenje boleznin v druga porečja in tako zagotovi obstanek avtohtonih rakov v Sloveniji.

2. METODA DELA

2.1. IZLOV Z VRŠAMI

Popis z izlovom signalnega raka je bil v letu 2021 predviden na štirih odsekih na mejni reki Kučnici v dolžini cca 100 m z metodo lova z vršami v skladu z metodologijo, določeno v Govedič in Vrezec (2018) in Govedič in sod. (2015):

- Cankova (Krajna ostri ovinek, dodatno smo vzorčili še pri čistilni napravi in pod mostom pri mejnem prehodu),
- most Gederovci – Sicheldorf (Z od Gederovcev),
- Kučnica Petanjci,
- izliv Kučnice v reko Muro (Z od Petanjcev).



Slika 3: Vzorčno mesto Cankova



Slika 5: Vzorčno mesto Petanjci



Slika 4: Vzorčno mesto Gederovci



Slika 6: Vzorčno mesto Kučnica pred izlivom

Po en izlov smo opravili v mesecih junij, julij in september, v mesecu avgustu smo izlavljali dvakrat.

Mesta za nastavitve vrš na določeni lokaciji smo izbrali glede na tip substrata, globino vode in prisotnost skrivališč (račin, skal). Metoda vzorčenja z vršami po Govedič in Vrezec (2018) zahteva najmanj dva obiska vsake lokacije, vrše na posamezni lokacije morajo biti istega tipa

in nastavljene zgolj eno noč. V manjših potokih, kot je Kučnica, so razdalje med vršami na eni lokaciji večje, saj so globlji tolmeni med seboj večinoma oddaljeni več kot 20 m, skupna lovna razdalja rakov pa doseže tudi 200 m, domnevno pridejo do vrše proti toku gor-vodno. Kot vabo smo uporabljali sveža svinjska ali piščančja jetra. Vrše smo nastavljali pozno popoldan ali zvečer, naslednje jutro smo jih pregledali. Ulovljene osebke smo izmerili (dolžina glavoprjsja), določili spol ter popisali morebitne poškodbe.

Na vseh lokacijah smo ročno izlovili tudi vse osebke signalnega raka, ki smo jih opazili v strugi.

Osebke tujerodnega signalnega raka smo odstranili in uničili.

Veenvliet (2009) predlaga preventivne ukrepe, da bi zmanjšali možnost za prenos bolezni na območja, kjer živijo evropski raki, ki smo se je med vzorčenjem držali:

- Vso opremo (škornje, mreže, vedra), ki je bila uporabljena v vodah s signalnim rakom, smo pred uporabo v drugih vodotokih oziroma na drugih lokacijah očistili in popolnoma posušili (vsaj 24 ur).
- Med vodami, v katerih živi signalni rak, in drugimi vodami, nismo prenašali vode (tudi v manjših količinah ne).

Za preprečitev širjenja račje kuge smo bili pri terenskem delu še posebej previdni, upoštevali smo sledeče ukrepe:

- nastavljanje in pobiranje vrš je vedno potekalo v smeri od izvira proti izlivu;
- da bi preprečili prenos račje kuge, smo zagotovili ustrezno število vrš, da so se lahko med vzorčenji na drugih lokacijah ustrezno posušile;
- vrše smo oštevilčili, pri pobiranju, transportu in sušenju so bile posamezne vrše med seboj strogo ločene;
- vrš, ki so bile nastavljene na dol-vodnih lokacijah, nismo v času vzorčenja nikoli uporabili na gor-vodnih lokacijah.

2.2. ELEKTROIZLOV

Zavod za ribištvo Slovenije je izvedel nočni elektroizlov signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*) iz Kučnice v noči iz srede (22. 9. 2021) na četrtek (23. 9. 2021). Na izlovnem mestu »Krajina, oster ovinek« (GKY:579004,53; GKX:174770,43) niso ujeli nobenega raka deseteronožca.

Ker na prvi lokaciji ni bilo prisotnih rakov, je bilo vzorčenje opravljeno še na dolvodnem izlovnem mestu »most Gederovci-Sicheldorf, Z od Gederovec« (GKY:579988,08; GKX:171074,59). Na tem mestu so bili opravljeni trije zaporedni izlovi. Rakom je bil določen spol, popisane poškodbe, s kljunastim merilom izmerjena dolžina glavoprjsja z rostrumom (CLR) in določena masa (g).

3. REZULTATI

V preteklosti je bil signalni rak v reki Kučnici že potrjen pri mostu Gederovci – Sichelendorf (ARSO 2015, v Govedič in Vrezec 2018). V letu 2019 smo od skupno desetih vzorčnih mest (najsevernejša pri obmejnem mejnem prehodu Fikšinci in najjužnejša pri izlivu Kučnice v Muro) ugotovili prisotnost signalnega raka na dveh vzorčnih mestih.

V letu 2019 smo že v prvem vzorčenju na vzorčnem mestu most Cankova ujeli osebke **jelševca**, na vzorčnem mestu Gederovci – Sichelendorf pa osebke signalnega raka. Vzorčni mesti sta med seboj oddaljeni zgolj cca 4.5 km, zato smo se odločili, da preverimo šest dodatnih lokacij med obema vzorčnima mestoma. Na nobeni od dodatno pregledanih lokacijah nismo potrdili vrste signalni rak ali jelševca, kljub temu, da ocenjujemo, da je habitat ustrezen.

V letu 2019 smo ujeli skupaj 77 živih osebkov signalnega raka in našli ostanke dveh poginulih.

V letu 2021 na vzorčnem mestu Cankova nismo ujeli nobenega jelševca, prav tako ne na vzorčnih mestih Geredovci, Petanjci ter sotočju Kučnice in Mure. Skupno smo s pomočjo vrš, na vseh štirih vzorčnih mestih, ujeli 94 signalnih rakov. S pomočjo elektroizlova je bilo na območju Gederovcev ujetih 240 signalnih rakov. Skupni rezultat izlova je ujetih 334 signalnih rakov.



Slika 7: Ulov signalnih rakov v Gederovcih

3.1 IZLOV Z VRŠAMI

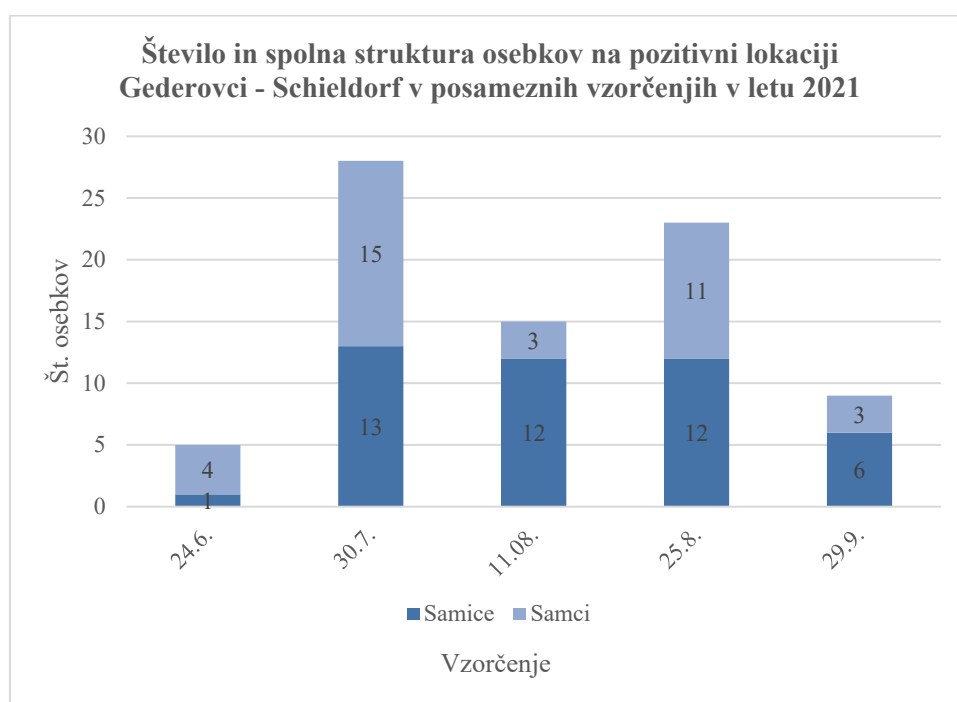
V letu 2021 smo popisali 93 živih osebkov signalnega raka in ostanek enega poginulega. Največ osebkov je bilo zabeleženih na vzorčnem mestu Most Gederovci – Sieldorf (Z od Gederovcev), prav tako kot v letu 2019. Spolna struktura in velikost izlovljenih osebkov je prikazana v nadaljevanju.

Skupno smo popisali in izlovili 49 samic in 45 samcev. Povprečna velikost (dolžina koša od rostruma do konca toraksa) samcev je bila 4,34 cm (41 izmerjenih osebkov), povprečna velikost samic pa 4,67 cm (46 izmerjenih osebkov). Skupna povprečna velikost vseh izlovljenih rakov je bila 4,38 cm (Slika 9). Od tega je bilo 8 (8,5 %) poškodovanih, 4 samice in 4 samci (Slika 10).

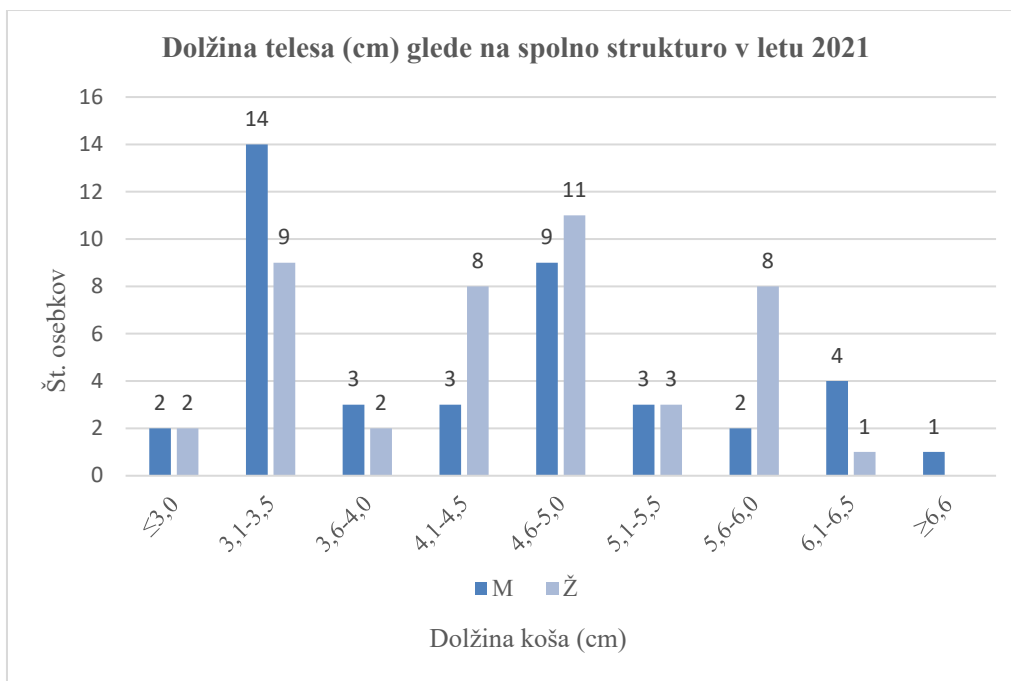
Največ osebkov signalnega raka je bilo izlovljenih na območju Gederovec (40 samic in 33 samcev), spolna sestava je prikazana na spodnjem grafu (Slika 8).

Na lokaciji Krajna – ostri ovinek smo v mesecu juniju izlovili 7 osebkov vrste signalni rak, v poznejših vzorčenjih nismo ulovili več nobenega raka. Ker so bili v neposredni bližini čistilne naprave Cankova (gor-vodno od ostrega ovinka Krajna) v letu 2019 še prisotni jelševci, smo v vseh vzorčenjih preverjali njihovo prisotnost na odseku ostri ovinek Krajna – most Cankova. V nobenem vzorčenju nismo potrdili prisotnosti jelševca.

Zanimivo je tudi opažanje, da v vidnih iztrebkih pod mostom v Cankovi ni bilo ostankov rakov, medtem ko so pod mostom v Gederovcih bili ostanki rakov v večini iztrebkov, podobno velja tudi za območje izliva Kučnice v reko Muro.



Slika 8: Število osebkov in spolna struktura osebkov vrste signalni rak na vzorčnem mestu Gederovci – Sieldorf v posameznih vzorčenjih v letu 2021.



Slika 9: Število osebkov signalnega raka v posameznem velikostnem razredu glede na spol v letu 2021 (izmerjenih 87 osebkov).



Slika 10: Poškodovanost osebkov vrste signalni rak glede na spol v letu 2021.

Na spodnji sliki so prikazane štiri lokacije izlovov signalnega raka z vršami. Za primerjavo je dodan tudi zemljevid in rezultati izlovov iz leta 2019, ko je bil na območju Cankove potrjen tudi jelševec (*A. astacus*).



Slika 11: Lokacije izlova z vršami v letu 2021. Elektroizlov je bil opravljen na lokaciji Gederovci.



Slika 12: Lokacije vrš in rezultati vzorčenja na Kučnici v letu 2019.

Tabela 2. Rezultati vzorčenja na Kučnici v letu 2021.

| Datum pobiranja | Vzorčno mesto (Kučnica) | X | Y | Število | Vrsta |
|-----------------|---|--------|--------|---------|---------------------------------|
| 24.06.2021 | Cankova – krajna ostri ovinek | 174759 | 579051 | 7 | <i>Pacifastacus leniusculus</i> |
| 24.06.2021 | Cankova – čistilna naprava pri mejnem prehodu z Avstrijo | 174653 | 578659 | 0 | |
| 24.06.2021 | Cankova – most na mejnem prehodu z Avstrijo | 174622 | 578459 | 0 | |
| 24.06.2021 | Gederovci – Schieldorf (most pred mejnim prehodom z Avstrijo) | 171095 | 579985 | 5 | <i>Pacifastacus leniusculus</i> |
| 24.06.2021 | Petanjci – zahodno od gramoznih jam | 168562 | 580172 | 2 | <i>Pacifastacus leniusculus</i> |
| 24.06.2021 | Sotočje Kučnice in Mure | 168127 | 580189 | 0 | |
| 30.07.2021 | Cankova – krajna ostri ovinek | 174759 | 579051 | 0 | |
| 30.07.2021 | Cankova – čistilna naprava pri mejnem prehodu z Avstrijo | 174653 | 578659 | 0 | |
| 30.07.2021 | Cankova – most na mejnem prehodu z Avstrijo | 174622 | 578459 | 0 | |
| 30.07.2021 | Gederovci – Schieldorf (most pred mejnim prehodom z Avstrijo) | 171095 | 579985 | 28 | <i>Pacifastacus leniusculus</i> |
| 30.07.2021 | Petanjci – zahodno od gramoznih jam | 168562 | 580172 | 2 | <i>Pacifastacus leniusculus</i> |
| 30.07.2021 | Sotočje Kučnice in Mure | 168127 | 580189 | 3 | <i>Pacifastacus leniusculus</i> |
| 11.08.2021 | Cankova – krajna ostri ovinek | 174759 | 579051 | 0 | |
| 11.08.2021 | Cankova – čistilna naprava pri mejnem prehodu z Avstrijo | 174653 | 578659 | 0 | |
| 11.08.2021 | Cankova – most na mejnem prehodu z Avstrijo | 174622 | 578459 | 0 | |
| 11.08.2021 | Gederovci – Schieldorf (most pred mejnim prehodom z Avstrijo) | 171095 | 579985 | 15 | <i>Pacifastacus leniusculus</i> |
| 11.08.2021 | Petanjci – zahodno od gramoznih jam | 168562 | 580172 | 0 | |
| 11.08.2021 | Sotočje Kučnice in Mure | 168127 | 580189 | 2 | <i>Pacifastacus leniusculus</i> |
| 25.08.2021 | Cankova – čistilna naprava pri mejnem prehodu z Avstrijo | 174653 | 578659 | 0 | |
| 25.08.2021 | Cankova – most na mejnem prehodu z Avstrijo | 174622 | 578459 | 0 | |
| 25.08.2021 | Gederovci – Schieldorf (most pred mejnim prehodom z Avstrijo) | 171095 | 579985 | 20 | <i>Pacifastacus leniusculus</i> |
| 25.08.2021 | Petanjci – zahodno od gramoznih jam | 168562 | 580172 | 1 | <i>Pacifastacus leniusculus</i> |
| 25.08.2021 | Sotočje Kučnice in Mure | 168127 | 580189 | 0 | |
| 29.09.2021 | Cankova – čistilna naprava pri mejnem prehodu z Avstrijo | 174653 | 578659 | 0 | |
| 29.09.2021 | Cankova – most na mejnem prehodu z Avstrijo | 174622 | 578459 | 0 | |
| 29.09.2021 | Gederovci – Schieldorf (most pred mejnim prehodom z Avstrijo) | 171095 | 579985 | 9 | <i>Pacifastacus leniusculus</i> |
| 29.09.2021 | Petanjci – zahodno od gramoznih jam | 168562 | 580172 | 2 | <i>Pacifastacus leniusculus</i> |
| 29.09.2021 | Sotočje Kučnice in Mure | 168127 | 580189 | 2 | <i>Pacifastacus leniusculus</i> |

3.2 ELEKTROIZLOV

S pomočjo metode elektroizlova je bilo na dol-vodnem izlovnem mestu »most Gederovci-Schildorf, Z od Gederovcev« (GKY:579988,08; GKX:171074,59) izlovljenih skupno 240 signalnih rakov. Od tega je bilo 115 samic in 125 samcev. Poškodbe so bile zabeležene na

skupno 180 rakih, vendar so nekatere lahko posledica samega elektroizlova. Povprečna dolžina karapaksa z rostrumom pri samicah je bila 2,15 cm, pri samcih pa 2,13 cm. Skupna povprečna dolžina je bila 2,08 cm. Samice so v povprečju tehtale 3,80 g, samci pa 4,04 g.

Na območju »Krajina, oster ovinek« (GKY:579004,53; GKX:174770,43) je bilo izlovljenih tudi 48 invazivnih tujerodnih psevdorazbor (*Pseudorasbora parva*).

Podrobni rezultati so v **Prilogi 2**.

4. ZAKLJUČEK

Na Kučnici se signalni rak aktivno širi gor-vodno, dinamika pa za enkrat še ni znana. Število izlovljenih oz. najdenih (258 v letu 2021, 117 v letu 2020 (elektroizlov ZZRS) in 77 v letu 2019) rakov nakazuje na večjo gostoto populacije signalnega raka v Kučnici. Večjemu številu izlovljenih signalnih rakov v letu 2021 je pripomogla metoda elektroizlova. Smiselni ukrep je nadaljevanje z vsakoletnim rednim aktivnim izlovom z namenom upočasnitve širjenja vrste, in sicer od maja do oktobra. Da je fizična odstranitev signalnega raka vplivala na zmanjšanje lokalnih populacij in povečanje števila makroinvertebratov in pestrost taksona, je bilo potrjeno na reki Temzi v Veliki Britaniji (Moorhouse in sod. 2014). Vse osebkke signalnega raka, ki smo jih ujeli v času izvajanja monitoringa na Kučnici, smo evidentirali, odstranili in uničili.

Za zgornji tok Kučnice je predvideno spremljanje na vsake tri leta. Predlagamo, da se:

- nadaljuje spremljanje širjenja in izlov signalnega raka v Kučnici vsako leto,
- v prihodnjem vzorčenju določi več vzorčnih mest med Gederovci in Cankovo ter vsaj eno vzorčno mesto nad Cankovo, z namenom natančnejše določitve širjenja populacije signalnega raka,
- vračanje odraslih dominantnih samcev (po možnosti kastriranih) nazaj v strugo in odstranjevanje samic ter juvenilnih osebkov (skladno tudi s priporočili ZZRS),
- redno vključevanje metode elektroizlova vzporedno s postavljanjem vrš.

Prav tako bi bilo smiselno z metodo eDNA preveriti prisotnost jelševca in račje kuge na več lokacijah v reki Kučnici. Metoda je primerna tudi za ugotavljanje razširjenosti signalnega raka.

Za razliko od rezultatov pridobljenih v letu 2019, v letu 2021 med vzorčenjem nismo zabeležili nobenega jelševca. V letu 2019 so bili zabeleženi v Kučnici na lokaciji most Cankova – Zelting. Prisotnosti te vrste nismo potrdili in možno je, da je na tem območju izginila. Predlagamo, da se naslednje leto (2022) ponovno preveri prisotnost te vrste na določenih vzorčnih mestih med Cankovo in Fikšinci (smiselna bi bila uporaba metode eDNA).

Monitoring ostalih vodotokov na Goričkem še ni vzpostavljen, tudi za jelševca ne. Smiselna je čimprejšnja vzpostavitev spremljanja širjenja signalnega raka tudi na ostalih vodotokih, predvsem na Ledavi in Veliki Krki. V primeru, da je signalni rak potrjen je potrebno nadaljevati z vsakoletnim aktivnim izlovom. Zadnje popise jelševca na območju KP Goričko smo opravili v letu 2017, prisotnosti signalnega raka nismo potrdili (Zavratnik in Gregorc 2017).

5. VIRI

- Ahern, D., England, J., Ellis, A. 2008. The virile crayfish, *Orconectes virilis* (Hagen, 1870) (Crustacea: Decapoda: Cambaridae), identified in the UK. *Aquatic Invasions*, 3(1): 102–104.
- Ballesteros, I., Martín, M. P. & Diéguez-Uribeondo, J. 2006. First isolation of *Aphanomyces frigidophilus* (Saprolegniales) in Europe. *Mycotaxon*, Vol. 95 (Jan–Mar): 335–340.
- Baumann, N. 2001. Kučnica – mejni potok v spremembah časa. Ljubljana: Stalna slovensko-avstrijska komisija za Muro.
- Bower, S. M. 2006. Synopsis of Infectious Diseases and Parasites of Commercially Exploited Shellfish. Dostopno na http://www.pac.dfo-mpo.gc.ca/sci/shelldis/pages/cpfdcy_e.htm (26. 9. 2019).
- Bric, B. & R. Hamzič, 2017. Izvedba preverjanja prisotnosti invazivne tujerodne vrste marmornati škarjar (*Procambarus fallax f. virginalis*). Zavod za ribištvo Slovenije, Spodnje Gameljne. 18 str. [Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije, Ljubljana].
- Britton, J. R., Berry, M., Sewell, S., Lees, C., Reading, P. 2017. Importance of small fishes and invasive crayfish in otter *Lutra lutra* diet in an English chalk stream. *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.*, 418(13).
- Budihna, N. 2001. Raki (Decapoda). V: Raziskava razširjenosti Evropsko pomembnih vrst v Sloveniji. Prirodoslovni muzej Slovenije. Ljubljana.
- Budihna, N., 1984. Razširjenost potočnega raka *Astacus astacus* L. 1758 v porečju Mure. *Ichthyos*, Ljubljana 2: 18–22.
- DAISIE 2008. *Aphanomyces astaci*. Dostopno na <http://www.europe-aliens.org> (20. 9. 2017).
- Edgerton, B. F., Henttonen, P., Jussila, J., Mannonen, A., Paasonen, P., Taugbíl, T., Edsman, L., Souty-Grosset, C. 2004. Understanding the cause of disease in European freshwater crayfish. *Conservation Biology*, 18: 1466–1474.
- Govedič, M. 2006. Potočni raki Slovenije: razširjenost, ekologija, varstvo. Center za kartografijo favne in flore, Miklavž na Dravskem polju.
- Govedič, M., A. Vrezec, M. Jaklič, A. Lešnik, V. Grobelnik, A. Šalamun, Š. Amrožič & A. Kapla, 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.]
- Govedič, M., 2017. First record of the spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) in Slovenia – 300 km upstream from its known distribution in the Drava River. *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.* 418(7): 1–5.
- 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. & I. Miličič, 2018. Ujemite naravo!: zbranih 10.000 fotografij. Ribič, Ljubljana 77(1–2): 6–9.
- Holdich, D. M. 2005. Invasive decapods: Love them or hate them? Dostopno na http://www.reabic.net/publ/Holdich_2005.pdf (26. 9. 2019).

- Huang, T-S., L. Cerenius & K. Söderhäll, 1994. Analysis of genetic diversity in the crayfish plague fungus, *Aphanomyces astaci*, by random amplification of polymorphic DNA. *Aquaculture* 126(1-2): 1–9.
- Hudina, S., Hock, K., Radović, A., Klobučar, G., Petković, J., Jelić, M., 2016. Species-specific differences in dynamics of agonistic interactions may contribute to the competitive advantage of the invasive signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) over the native narrow-clawed crayfish (*Astacus leptodactylus*). *Marine and Freshwater Behaviour and Physiology*, Vol. 49(3): 147–157.
- ISC (Invasive Species Compendium) 2019. CAB International. Dostopno na <https://www.cabi.org/isc> (29. 9. 2019).
- Jaklič, M. & A. Vrezec, 2011. The first tropical alien crayfish species in European waters: the Redclaw *Cherax quadricarinatus* (von Martens, 1868) (Decapoda, Parastacidae). *Crustaceana* 84 (5-6): 651–665.
- Jiravanichpaisal, P., Bangyeekhun, E., Söderhall, K., Söderhall, I. 2001. Experimental infection of white spot syndrome virus in freshwater crayfish *Pacifastacus leniusculus*. *Diseases of aquatic organisms*, 47: 151–157.
- Johnsen, S. I. in Taugbøl, T. 2010. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Pacifastacus leniusculus*. Dostopno na www.nobanis.org (26. 9. 2019).
- Kaldre, K., Paaver, T., Hurt, M., Grandjean, F., 2017. First records of the non-indigenous signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) and its threat to noble crayfish (*Astacus astacus*) populations in Estonia. *Biological Invasions*, Vol. 19(10): 2771–2776.
- Katalinič, D.; Vovk Korže, A.; Vrhovšek, D.; Katalinič, E., 2006. Ponovno zaživimo s potokom Mokoš. Maribor: Inštitut za promocijo varstva okolja. str. 8–9.
- Kozák, P., Ďuriš, Z., Petrušek, A., Buřič, M., Horká, I., Kouba, A., Kozubíková-Balcarová, E., Polícar, T. 2015. *Crayfish Biology and Culture*. University of South Bohemia in České Budějovice.
- Kus Veenvliet, J. & P. Veenvliet, 2016. Signalni rak *Pacifastacus leniusculus*, Informativni list 14, posodobljena različica 2. Projekt Thuja.
- Kušar, D., A. Vrezec, M. Ocepek & V. Jenčič, 2013. *Aphanomyces astaci* in wild crayfish populations in Slovenia: first report of persistent infection in a stone crayfish *Austropotamobius torrentium* population. *Diseases of Aquatic Organisms* 103: 157-169.
- Lirås, V., Lindberg, M., Nyström, P., Annadotter, H., Lawton, L. A., Graf, B. 1998. Can ingested cyanobacteria be harmful to the signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*)? *Freshwater Biology*, 39 (2): 233–242.
- Mathers, K. L., Chadd, R. P., Dunbar, M. J., Extence, C. A., Reeds, J., Rice, S. P., Wood, P. J., 2016. The long-term effects of invasive signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) on instream macroinvertebrate communities. *Sci Total Environ.*, 15(556): 207–218.
- Moorhouse, T. P., Poole, A. E., Evans, L. C., Bradley, D. C., Macdonald, D., W. 2014. Intensive removal of signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) from rivers increases numbers and taxon richness of macroinvertebrate species. *Ecology and Evolution*, 4(4): 494–504.
- Mrzelj, L. 2017. Najdba: signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*), potok Kučnica, junij 2017. Dostopno na <http://www.biportal.si/fotoarhiv.php?iskanec=signalni%20rak> (26. 9. 2019).

- Oidtmann, B., Bausewein, S., Hölzle, L., Hoffmann, R., Wittenbrink, M. 2002a. Identification of the crayfish plague fungus *Aphanomyces astaci* by polymerase chain reaction and restriction enzyme analysis. *Veterinary Microbiology*, 85: 183–194.
- Oidtmann, B., Heitz, E., Rogers, D., Hoffmann, R. W. 2002b. Transmission of crayfish plague. *Diseases of Aquatic Organisms*, 52:159–167.
- Oidtmann, B., Schaefers, N., Cerenius, L., Söderhäll, K., Hoffmann, R. W. 2004. Detection of genomic DNA of the crayfish plague fungus *Aphanomyces astaci* in clinical samples by PCR. *Veterinary Microbiology*, 100: 269–282.
- Peay, S. & Rogers, D. 1999. The peristaltic spread of signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) in the River Wharfe, Yorkshire, England. *Freshwater Crayfish*, 12: 665–676.
- Procopio, J., 2019, *Pacifastacus leniusculus* (Dana, 1852): U.S. Geological Survey, Nonindigenous Aquatic Species Database, Gainesville, FL. Dostopno na <https://nas.er.usgs.gov/queries/FactSheet.aspx?speciesID=200> (26. 9. 2019).
- Royo, F., Andersson, M. G., Bangyeekhun, E., Muzquiz, J. L., Söderhäll, K., Cerenius, L. 2004. Physiological and genetic characterisation of some new *Aphanomyces* strains isolated from freshwater crayfish. *Veterinary Microbiology*, 104: 103–112.
- Sket, B., 2001. Diverziteteta in ogroženost višjih vodnih rakov (Malacostraca Aquatica) v Sloveniji. V: ARSO, 2001: Ekspertne študije za Pregled stanja biotske raznovrstnosti in krajinske pestrosti v Sloveniji.
- Sket, B. 2003. Oblikuje se današnje živalstvo. V: Živalstvo Slovenije. Sket, B., Gogala, M., Kuštor, V. (ur.). Ljubljana, Tehniška založba Slovenije: 41–55.
- Souty-Grosset, C., Holdich, D. M., Noël, P. Y., Reynolds, J. D., Haffner, P. (ur.), 2006. Atlas of Crayfish in Europe. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.
- Schulz, R., Schulz, H. K., 2004. Roundtable session 1: Threats to indigenous crayfish populations – Studies on a landscape level. *Bull. Fr. Pêche piscic.*, 372–373: 447–456.
- Stenroth, P. & Nyström, P. 2003. Exotic crayfish in a brown water stream: effects on juvenile trout, invertebrates and algae. *Freshwater Biology*, 48(3): 466–475.
- Tiefenbach, A. 2012. Am grünen Band der Kutschenitza. Naturschutzbund Steiermark. Dostopno na https://www.zobodat.at/pdf/Naturschutzbrief_2012_230_1_0001.pdf (27. 9. 2019).
- Turley, M. D., Bilotta, G. S., Gasparrini, A., Sera, F., Mathers, K. L., Humphreyes, I., England, J., 2017. The effects of non-native signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) on fine sediment and sediment-biomonitoring. *Sci Total Environ*, 601–602: 186–193.
- Usio, N., Konishi, M., Nakano, S., 2001. Species displacement between an introduced and a 'vulnerable' crayfish: the role of aggressive interactions and shelter competition. *Biological Invasions*, 3: 179–185.
- Usio, N., Nakajima, H., Kamiyama, R., Wakana, I., Hiruta, S., Takamura, N., 2006. Predicting the distribution of invasive crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) in a Kusiro Moor marsh (Japan) using classification and regression trees. *Ecological Research*, 21(3): 271–277.
- Vaeßen, S. in Hollert, H. 2015. Impacts of the North American signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) on European ecosystems. *Environ Sci Eur*, 27:33.
- Veenvliet, P. 2008. Ključ za določanje potočnih rakov. Zavod Symbiosis, Grahovo.

- Veenvliet, P. 2009. Tujerodne vrste, priročnik za naravovarstvenike. Zavod Symbiosis, Grahovo.
- Vorbürger, C. & Ribi, G., 1999. Aggression and competition for shelter between a native and introduced crayfish in Europe. *Freshwater Biology*, 42(1): 111–119.
- Zavratnik S. in T. Gregorc, 2017: Monitoring raka jelševca (*Astacus astacus*) in inventarizacija invazivne tujerodne vrste signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*) na Goričkem. Projekt: Raznoživost pod Vidrino streho na Goričkem. Zaključno poročilo.
- Zavratnik S. in Gregorc T., 2019. Monitoring in izlov signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*) v reki Kučnici. Zaključno poročilo. Inštitut Lutra, Ljubljana. 20 str. + priloga shp. [Naročnik: Javni zavod KP Goričko]