

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)



Nacionalni inštitut za biologijo - NIB

Ljubljana, februar 2021



REPUBLIKA SLOVENIJA
MINISTRSTVO ZA OKOLJE IN PROSTOR

| | |
|------------------------------------|---|
| Projekt | Projekt: LIFE17 IPE/SI/000011 LIFE-IP NATURA.SI »LIFE Integrirani projekt za okrepljeno upravljanje Nature 2000 v Sloveniji« |
| Naloga | 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 (<i>Orconectes limosus</i>) na vplivnem območju Dravinja s pritoki (SI3000306) Končno poročilo |
| Naročnik | Republika Slovenija Ministrstvo za okolje in prostor Dunajska 48 SI-1000 Ljubljana, Slovenija |
| Izvajalec | Nacionalni inštitut za biologijo - NIB Oddelek za raziskave organizmov in ekosistemov Večna pot 111 SI-1000 Ljubljana, Slovenija |
| Datum | 26. februar 2021 |
| Nosilec naloge | doc. dr. Al Vrezec, univ. dipl. biol. |
| Delovna skupina | dr. Matjaž Bedjanič, univ. dipl. biol. doc. dr. Al Vrezec, univ. dipl. biol. Andrej Kapla |
| Terenski in drugi sodelavci | Rene Karner |

Slika na naslovnici: Trnavec (*Orconectes limosus*) (Foto: D. Tome)

Priporočeni način citiranja:

Bedjanič, M., A. Vrezec & A. Kapla, 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].

SUMMARY

Guidelines and proposed measures to prevent the spread of the IAS invasive crayfish *Orconectes limosus* in the impact area of SI3000306 Dravinja s pritoki – The Spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) is a North American invasive alien species, included in the LIST OF INVASIVE SPECIES OF EU CONCERN. So far, the species is known in Slovenia only in the area of gravel pits along the Drava River near Borovci pri Ptuju, where it was anthropogenically introduced. As a carrier of crayfish plague, it represents a significant potential threat to the conservation of the native Stone Crayfish (*Austropotamobius torrentium*) populations in the NATURA 2000 sites Dravinja s pritoki (SI3000306) and Boč - Haloze - Donačka gora (SI3000118). The Spiny-cheek crayfish is one of the target species of the project LIFE-IP NATURA.SI, for which measures are planned to eliminate and limit its potential spread to the Dravinja River.

To assess the status of the species on the section of the Dravinja River between the NATURA 2000 site Dravinja s pritoki and its outflow into the Drava River, we selected 8 sampling localities where we conducted sampling with baited traps in 2019 and 2020. In the Dravinja River, the species was not recorded at any location. Within the project LIFE-IP NATURA.SI, as a separate segment, we also assessed the baseline status of Stone Crayfish in the NATURA 2000 sites Boč - Haloze - Donačka gora and Dravinja s pritoki. The conservation status of the species here is assessed as favorable, the presence of non-native crayfish was not recorded.

The removal of Spiny-cheek crayfish in the area of gravel pits along the Drava River near Borovci pri Ptuju is carried out by the Fisheries Research Institute of Slovenia, the results of which are presented in separate reports. Complementary to the activities of the Fisheries Research Institute of Slovenia, in this report we provide additional guidelines and suggestions for possible measures to eliminate or reduce the population and prevent the spread of this IAS into the Dravinja River.

KAZALO

| | |
|---|-----------|
| 1. UVOD | 5 |
| 2. METODOLOGIJA – TERENSKO DELO | 8 |
| 3. REZULTATI | 9 |
| 3.1. Rezultati popisa trnavca | 9 |
| 3.2. Rezultati popisa koščaka v NATURA 2000 območju Dravinja s pritoki in okolici | 11 |
| 3.3. Rezultati ZZRS - izlov trnavca v gramoznicah pri Bukovcih pri Ptujju | 13 |
| 4. DODATNE SMERNICE IN PREDLOGI MOŽNIH UKREPOV ZA ODSTRANJEVANJE IN PREPREČITEV ŠIRJENJA TRNAVCA | 15 |
| 5. ZAKLJUČKI | 18 |
| 6. VIRI IN LITERATURA | 20 |

1. Uvod

V skupino potočnih rakov, znanstveno bolj široko poimenovano tudi dolgorepi škarjevci ali košarji (Astacidea), sodijo pri nas tri domorodne sladkovodne vrste rakov: koščak (*Austropotamobius torrentium*), koščeneč (*Austropotamobius pallipes*) in jelševec (*Astacus astacus*), v Sloveniji pa je bilo do sedaj evidentiranih že šest tujerodnih vrst. Iz družine Astacidae sta to signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*) in ozkoškarjavec (*Astacus leptodactylus*), iz ameriške družine Cambaridae so to trnavec (*Orconectes limosus*), močvirski škarjar (*Procambarus clarkii*) in marmornati škarjar (*Procambarus fallax*) ter iz avstralske družine Parastacidae še rdečeškarjavec (*Cherax quadricarinatus*). Vsi ti vnosi tujerodnih vrst predstavljajo velik pritisk na domorodne vrste rakov prek neposrednega tekmovanja ali prenosa bolezni (Jussila s sod. 2015, Govedič & Vrezec 2018).

Največje tveganje za populacije koščaka in drugih domorodnih vrst sladkovodnih rakov predstavlja nevarnost pojava bolezni »račje kuge«, ki je tesno povezana z vnosom invazivnih tujerodnih vrst rakov. Znano je, da je konec 19. stoletja tudi v Sloveniji prišlo do množičnega odmiranja populacij potočnih rakov zaradi račje kuge, ki jo povzroča glivam podobna oomiceta (*Aphanomyces astaci*). Pri nas se je pojavila okoli leta 1880 in začela v več zaporednih epidemijah bliskovito moriti v Dravi, Krki, Kolpi, Muri, Savinji, Savi ter tudi Dravinji. V okuženih vodah so celotne populacije domorodnih rakov poginile v nekaj tednih, raki pa so se ohranili le še v manjših in izoliranih potokih. Račji kugi je pot v evropske vodotoke odprl človek, ko je v Evropo naselil nekatere severnoameriške vrste potočnih rakov, z njimi pa je k nam prišla tudi omenjena povzročiteljica račje kuge. Nanjo so severnoameriški raki manj občutljivi in so pravzaprav prenašalci tega nevarnega patogena. Po epidemiji račje kuge v začetku 20. stoletja so si populacije domačih vrst potočnih rakov opomogle, vendar se zaradi hitrega širjenja tujerodnih vrst in nekaterih človekovih aktivnosti nevarnost ponovne epidemije spet povečuje (Šulgaj 1937, Govedič 2006, Jaklič & Vrezec 2013, Kušar s sod. 2013, Govedič s sod. 2015).

Uspešnega varstva populacij potočnih rakov danes brez učinkovitega omejevanja bolezni ni mogoče izvajati, zato mora biti monitoring račje kuge in izvajanje ukrepov za njeno omejevanje sestavni del upravljanja s populacijami domorodnih in tujerodnih vrst potočnih rakov tako na zavarovanih kot nezavarovanih območjih (Govedič s sod. 2020). Poseben izziv predstavljajo tudi latentno okužene populacije koščaka, vendar preskakovanje različnih sevov račje kuge med vrstami potočnih rakov lahko povzroča nove masovne pogine (Kušar s sod. 2013, Jussila s sod. 2015).



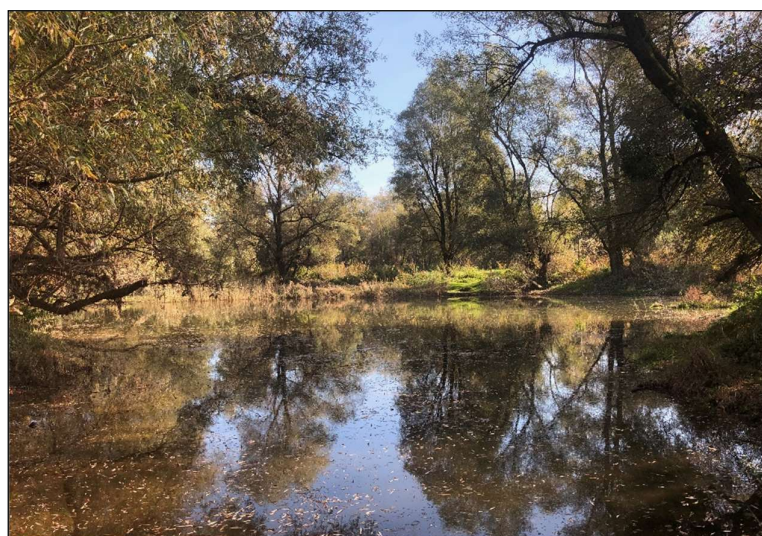
Slika 1. Rak trnavec (*Orconectes limosus* – Op.: veljavno znanstveno ime vrste je *Faxonius limosus*) je bil v Sloveniji prvič najden leta 2015 na območju opuščeni gramoznic ob Dravi pri Bukovcih pri Ptujju. Ta severnoameriška vrsta je danes najpogostejši tujerodni potočni rak v Evropi. Uvrščen je na SEZNAM INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST, KI ZADEVAJO UNIJO in zanj veljajo najstrožji ukrepi za preprečitev širjenja (Foto: M. Bedjanič)

Trnavec je invazivna tujerodna vrsta raka, ki je posredno – v kontekstu ohranjanja populacij koščaka na NATURA 2000 območju Dravinja s pritoki (SI3000306) – ena od pomembnih ciljnih vrst projekta LIFE-IP NATURA.SI, za katero so načrtovani ukrepi odstranjevanja in omejitve njenega potencialnega širjenja v reko Dravinjo. Zelo natančno opisujejo biologijo, ekologijo in razširjenost trnavca v okviru poročil projekta LIFE-IP NATURA.SI že Mrzelj s sod. (2020a), tudi problematika invazivnih tujerodnih vrst v kontekstu varstva populacij domorodnih rakov je podrobno razčlenjena v Mrzelj s sod. (2020b) in številnih tujih virih (npr. Holdich s sod. 2009, Alekhnovich & Buřič 2017, Nunes 2019, Manfrin s sod. 2019). Zato v pričujočem poročilu podajamo le kratek povzetek teh vsebin.

Novejša astakološka nomenklatura (Crandall & De Grave 2017) uveljavlja za trnavca znanstveno poimenovanje *Faxonius limosus* (Rafinesque, 1817). Rodovno ime *Orconectes* in vrstno poimenovanje *Orconectes limosus* sta sinonima, ki pa ju v pričujoči nalogi, v skladu z dokumentacijo projekta LIFE-IP NATURA.SI in nekaterimi drugimi dokumenti, kot je npr. SEZNAM INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST, KI ZADEVAJO UNIJO, še vedno uporabljamo.

Trnavec je majhna do srednje velika vrsta rakov, z dolžino telesa, ki običajno ne presega 8 do 10 cm. Telo je svetlo rjavo, temno rjavo ali olivno zeleno, z izrazitimi rdečimi do rjavo rdečimi prečnimi progami na hrbtni strani segmentov zadka. Konice škarij so značilno svetlo oranžno ali rdečkasto obarvane. Na straneh sprednjega dela koša je več ostrih svetlih trnov, po čemer je tudi vrsta dobila slovensko ime. Je kratko živeča vrsta, ki običajno živi 2-3 leta, nekateri osebki dosežejo starost do 4 let. Običajno spolno dozori v drugem letu življenja, vendar lahko nekateri hitro rastoči osebki sodelujejo pri razmnoževanju že v prvem letu življenja. Trnavec se širi vzdolž velikih rek, vendar mu ustrezajo tako tekoče kot stoječe vode. Preživi tudi v občasno presahljih vodah, prenaša pa tudi povišano slanost, onesnaženje in druge neugodne življenjske razmere. Gre za enega najpomembnejših prenašalcev račje kuge v Evropi, zato so kot posledica njegovega širjenja marsikje populacije domorodnih evropskih vrst potočnih rakov pred izumrtjem. Zelo hitra rast, visoka plodnost, jesensko in pomladno obdobje parjenja, fakultativna partenogeneza, toleranca na neugodne življenjske razmere, prehranski oportunitizem itd. so lastnosti, ki trnavcu omogočajo hitro populacijsko rast in invazivno širjenje (Kozak s sod 2006, Buřič s sod. 2013, Bizjak & Govedič 2017, Govedič 2017, Govedič & Vrezec 2018, Mrzelj s sod. 2019, 2020a, 2020b, Marguč s sod. 2021).

Slika 2. Opuščene gramoznice ob Dravi pri Bukovcih pri Ptujju so doslej edina znana lokaliteta z močno populacijo invazivne tujerodne vrste raka trnavca v Sloveniji (Foto: M. Bedjanič).



Vrsta je sicer naravno razširjena na vzhodni obali ZDA in Kanade, tujerodna populacija v Evropi je bila naseljena že leta 1890. Danes sklenjeno poseljuje zahodno in srednjo Evropo ter se hitro širi na vzhod in jugovzhod. Poznan je tudi iz vseh Sloveniji sosednjih držav. Trnavec je bil pri nas prvič odkrit leta

2015 v opuščeni gramoznicah ob reki Dravi pri Ptuj, kamor je bil zagotovo antropogeno vnešen (Govedič s sod. 2015, Govedič 2017a, 2017b). Do danes je območje gramoznic edina znana lokaliteta za trnavca v Sloveniji (Marguč s sod. 2021).

Trnavec sodi med 30 tujerodnih živali, ki so uvrščene na SEZNAM INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST, KI ZADEVAJO UNIJO. Na ta seznam, ki predstavlja izvedbeni del UREDBE EU O PREPREČEVANJU IN OBVLADOVANJU VNOSA IN ŠIRJENJA INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST je uvrščen od leta 2016. S tem je trnavec tudi formalno opredeljen kot t. i. regulirana tujerodna vrsta, katere ustalitev in širjenje ogroža biotsko raznovrstnost, torej ekosisteme, habitate ali vrste in/ali zdravje ljudi in gospodarstvo v EU. Za vse vrste, ki so na seznamu Unije, veljajo najstrožji ukrepi za preprečitev širjenja. Prepovedano jih je vnašati v EU, razmnoževati, gojiti, prevažati, kupovati, prodajati, uporabljati, izmenjevati, posedovati ali jih izpustiti v okolje.

V kontekstu ohranjanja populacij koščaka na NATURA 2000 območju Dravinja s pritoki so v okviru projekta LIFE-IP NATURA.SI načrtovani ukrepi, ki bodo preprečili širjenje in škodljive vplive invazivne tujerodne vrste raka trnavca (*Orconectes limosus*) z doslej edine znane lokalitete ob reki Dravi pri Markovcih do NATURA 2000 območja Dravinja s pritoki (SI3000306). Namen projekta je:

- **oceniti izhodiščno stanje invazivne tujerodne vrste raka trnavca (*Orconectes limosus*) na vplivnem območju Dravinja s pritoki (SI3000306);**
- **podati smernice in predlog ukrepov za preprečitev širjenja invazivne tujerodne vrste raka trnavca (*Orconectes limosus*) na vplivnem območju Dravinja s pritoki (SI3000306) z namenom zaščite ustreznega habitata koščaka (*Austropotamobius torrentium*) na tem območju;**
- **odstranjevanje invazivne tujerodne vrste raka trnavca (*Orconectes limosus*) na vplivnem območju Dravinja s pritoki (SI3000306) z namenom zaščite ustreznega habitata koščaka (*Austropotamobius torrentium*) na tem območju.**

Projektne aktivnosti se odvijajo v okviru sklopov A.1.2 - *Analiza izhodiščnega stanja vrst in habitatnih tipov* in sklopa C.1.4 - *Konkretni ohranitveni ukrepi na vodah Štajerske*. V prijavnici projekta LIFE-IP NATURA.SI je zanje podan naslednji opis: »Omejitev širjenja invazivnih vrst se nanaša na prisotnost populacije raka trnavca (*Orconectes limosus*) v bližini reke Dravinje. Lokaliteta, od koder je vrsta znana, leži le 500 m od sotočja Dravinje in Drave. Približno 20 km gorvodno po reki Dravinji je določeno območje NATURA 2000 za koščaka. Za zaščito avtohtonih vrst rakov so nujni ukrepi za nadzor populacije te invazivne tujerodne vrste in preprečitev njenega aktivnega širjenja v Dravinjo... Nadzor nad širjenjem populacije bo izveden z intenzivnim odstranjevanjem osebkov na znanem mestu pojavljanja vrste z uporabo različnih metod, med katerimi so glavne metode lov s pastmi, lov z elektroagregatom, ročno zbiranje posameznih osebkov s pregledom zatočišč in tudi z uporabo nove metode sterilizacije odraslih samcev.«

V okviru LIFE-IP NATURA.SI je Zavod za ribištvo Slovenije za leti 2019 in 2020 že podal dve obsežni poročili »Izlavljanje invazivnega raka trnavca *Faxonius limosus* na področju stare struge reke Drave pod jezom Markovci, Slovenija«, ki sta zgledno pripravljena in vsebujeta veliko dragocenih informacij o populaciji trnavca na doslej edinem znanem mestu pojavljanja pri nas (Mrzelj s sod. 2020a, Marguč s sod. 2021).

Namen pričujoče naloge je (1) oceniti izhodiščno stanje trnavca na odseku Dravinje med NATURA 2000 območjem Dravinja s pritoki in njenim iztokom v Dravo in (2) komplementarno k poročilu in predlogom Zavoda za ribištvo Slovenije podati dodatne smernice in predloge možnih ukrepov za odstranjevanje in preprečitev širjenja te invazivne tujerodne vrste v reko Dravinjo.

2. Metodologija – terensko delo

Kot je podrobneje opisano v Govedič s sod. (2015, 2020), poteka vzorčenje in monitoring potočnih rakov z različnimi metodami, s katerimi izkušen vzorčevalec zajame celotni spekter različnih habitatov potočnih rakov. Za vzorčenje raka trnavca v Dravinji in Dravi smo uporabili le metodo vzorčenja z vršami, saj metodi obračanja kamnov ali popolni pregled v večjih rekah nista izvedljivi.

Metoda vzorčenja z vršami zahteva najmanj dva obiska vsake lokacije. Metodo vzorčenja z vršami uporabljamo predvsem za populacijski monitoring in spremljanje velikostne strukture populacij na enem izmed vzorčnih mest v posameznem porečju. V nekaterih porečjih pa je ta metoda izbrana tudi na najbolj nizvodni lokaciji, kjer metodi obračanja kamnov ali popolnega pregleda nista možni. Na vsa mesta monitoringa postavimo vrše istega tipa, na posamezni lokaciji pa so vse vrše postavljene samo eno noč. Na vsako lokacijo postavimo 6 vrš, predvsem zato, da bi jih v primeru izločitve (zaradi uničenja ali poškodovanja) iz statistične obdelave, še vedno ostalo vsaj 5. Vrše vedno razporedimo približno enakomerno, na vsakih 10 do 20 m, tako da je v idealnih razmerah odsek s šestimi vršami dolg približno 100 m. Za vabo uporabljamo sveža goveja ali svinjska jetra. Vse ujete rake izmerimo in jim določimo spol. Določimo in preštejemo tudi ostale živali, ki so se ujele v vrše (Govedič s sod. 2015, 2020).

Vse metode opazovanja in ročnega lova zahtevajo čisto vodo, v kateri vzorčevalec opazi in ujame potočne rake, zato vzorčenja do nekaj dni po padavinah nismo opravljali. Terensko delo opravljali v drugi polovici oktobra 2019 ter sredi septembra 2020. Za vzorčenje smo določili 8 lokalitet, ki smo jih po zgoraj opisanem protokolu vzorčili dvakrat, torej vsako v letih 2019 in 2020. Te lokalitete bodo predstavljale vzorčna mesta tudi v zaključni fazi projekta. Najbolj gorvodna lokaliteta na Dravinji leži pod jezom v Zgornji Pristavi, najbolj dolvodna na Dravinji pa v Šturmovcih pred izlivom v Dravo. Dve vzorčni mesti smo določili v reki Dravi, v okolici edine znane lokalitete za trnavca v opuščeni gramoznicah ob Dravi pri Bukovcih pri Ptuj, eno pa v samih gramoznicah.

Tabela 1. Seznam vzorčenih lokalitet za trnavca (*Orconectes limosus*) na odseku Dravinje med NATURA 2000 območjem Dravinja s pritoki in iztokom reke Dravinje v Dravo ter v okolici edine znane lokalitete za trnavca ob Dravi pri Bukovcih pri Ptuj. Lokalitete na Dravinji si sledijo od zahoda proti vzhodu oz. izlivu v Dravo na Dravi na dolvodno od jezua pri Markovcih. Opuščene gramoznice pri Bukovcih pri Ptuj so tiskane krepko.

| Točna lokaliteta | Koord. GK X | Koord. GK Y |
|--|---------------|---------------|
| Zgornja Pristava, Dravinja V od mostu, 200m J od Zg. Pristave | 564466 | 134348 |
| Jurovci, Dravinja pod Drčo pri Žagi, 150m J od Jurovcev | 566554 | 134861 |
| Videm pri Ptuj, Dravinja 570m V od Vidma pri Ptuj | 570337 | 136629 |
| Vareja, Dravinja 460m SSZ od Kokola | 571545 | 136381 |
| Šturovci, Župnica, Dravinja 900m J od Župnice | 572680 | 136449 |
| Nova vas pri Markovcih, levi breg Drave 440m JV od jezua Ptujkega jezera | 571996 | 138375 |
| Trebež, gramoznice ob Dravi, na levem bregu 800m Z od Vopošnice | 573085 | 137212 |
| Trebež, Drava na levem bregu 850m JZ od Vopošnice | 573108 | 137115 |

Terenske raziskave so potekale na podlagi dovoljenja za ujetje, vznemirjanje in odvzem vseh vrst potočnih rakov (Crustacea: Astacidae) za potrebe znanstveno raziskovalne in izobraževalne dejavnosti, izdane Nacionalnemu inštitutu za biologijo pod šifro 35601-40/2017-4 z dne 3.8.2017 s strani Agencije Republike Slovenije za okolje.

3. Rezultati

3.1. Rezultati popisa

V letih 2019 in 2020 na nobenem vzorčnem mestu nismo zabeležili prisotnosti trnavca, z izjemo opušenih gramoznic pri Bukovcih pri Ptujju, ki so edina znana lokaliteta vrste. Tukaj smo 17. septembra 2020 v gramoznici št. 1 in na prehodu v gramoznico št. 2 z obračanjem kamenja zabeležili dva osebka trnavca, en osebek pa se je v gramoznici št. 1 ujel v vršo.

V reki Dravinji trnavca nismo zabeležili na nobeni lokaliteti, prav tako ne tudi nobene domorodne vrste ali tujerodnih vrst rakov. Enako velja za vzorčni mesti v reki Dravi.

Negativni rezultati naše raziskave nakazujejo, da se trnavec zaenkrat ni razširil v reko Dravinjo, navkljub metodološkim omejitvam.



Slika 3. Podatki o pojavljanju trnavca (*Orconectes limosus*) na odseku Dravinje med NATURA 2000 območjem Dravinja s pritoki in iztokom reke Dravinje v Dravo ter v okolici edine znane lokalitete za trnavca ob Dravi pri Bukovcih pri Ptujju, na podlagi vzorčenja v letih 2019 in 2020 (rumeno – vzorčenje v 2019 in 2020 brez najdbe vrste; rdeče – vzorčenje v 2020 z najdbo vrste).

Vodilni partner v akciji A.1.2, Zavod za ribištvo Slovenije, izvaja na območju gramoznic pri Bukovcih pri Ptujju izlov trnavca od leta 2017. Tudi v letih 2019 in 2020 so na območju z različnimi metodami, predvsem z elektroizlovom, izlovili nekaj tisoč trnavcev, pri čemer je populacija vrste na območju domnevno še vedno velika (Mrzelj s sod. 2020a, Marguč s sod. 2021).

Na osnovi primerjave metod vzorčenja s strani ZZRS (Mrzelj s sod. 2020a, Marguč s sod. 2021) in na podlagi lastnih izkušenj zaključujemo, da metoda vzorčenja z vršami, vsaj v stoječih vodah z značilnostmi podobnimi tistim v gramoznicah ob Dravi pri Bukovcih, ni najustreznejša za detekcijo raka trnavca, kakor tudi ne za oceno velikosti populacije vrste.

Na vseh vzorčnih mestih smo fotografirali v vrše ulovljene ribe ter opažene školjke. Fotografije smo posredovali v podatkovno zbirko projekta LIFE-IP NATURA.SI, ki jo vodi Center za kartografijo favne in flore.



Sliki 4 in 5. Dravinja pod jezo v Zgornji Pristavi (levo) in Dravinja pod drčo v Jurovcih (desno) – brez najdb trnavca (Foto: M. Bedjanič).



Sliki 6 in 7. Dravinja vzhodno od Vidma pri Ptuj (levo) in Dravinja pri Vareji (desno) – brez najdb trnavca (Foto: M. Bedjanič).



Sliki 8 in 9. Dravinja v Šturmovcih (levo) in Drava pod jezo Ptujkega jezera (desno) – brez najdb trnavca (Foto: M. Bedjanič).



Sliki 10 in 11. Opuščene gramoznice ob Dravi pri Borovcih pri Ptuju (levo) – življenjsko okolje trnavca in Drava pri opuščenih gramoznicah pri Borovcih pri Ptuju (desno) – brez najdb trnavca (Foto: M. Bedjanič).

3.2. Rezultati popisa koščaka v NATURA 2000 območju Dravinja s pritoki in širši okolici

V okviru projekta LIFE-IP NATURA.SI je koščak (*Austropotamobius torrentium*) opredeljen kot ena od ciljnih vrst v okviru akcije A.1.2 na pilotnih IP območjih Dravinja s pritoki (SI3000306) ter Boč – Haloze – Donačka gora (SI3000118). V Sloveniji je koščak ogrožen ter kot ranljiva vrsta uvrščen v *Pravilnik o uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam*. Zavarovan je tudi z *Uredbo o zavarovanih prosto živečih živalskih vrstah* ter uvrščen na njeni prilogi 1A in 2A, prav tako je uvrščen tudi na dodatka II in IV *Direktive o habitatih EU*, kjer je opredeljen kot prioritarna ogrožena vrsta (*). To postavlja Republiko Slovenijo pred obvezo doslednega varovanja bivališč vrste, določitve območij varstva in zagotavljanja splošno ugodnega ohranitvenega stanje njenih populacij.

Analiza stanja in načrtovani ukrepi, ki bodo preprečili škodljive vplive in širjenje invazivne tujerodne vrste raka trnavca (*Orconectes limosus*) z doslej edine znane lokalitete ob reki Dravi pri Markovcih do NATURA 2000 območja Dravinja s pritoki (SI3000306), so v projektu LIFE-IP NATURA.SI načrtovani v kontekstu ohranjanja populacij koščaka na omenjenem NATURA 2000 območju. Zato v nadaljevanju podajamo kratek povzetek rezultatov raziskav koščaka, ki smo jih izvedli v letih 2019 in 2020 (Bedjanič s sod. 2021a, 2021b).

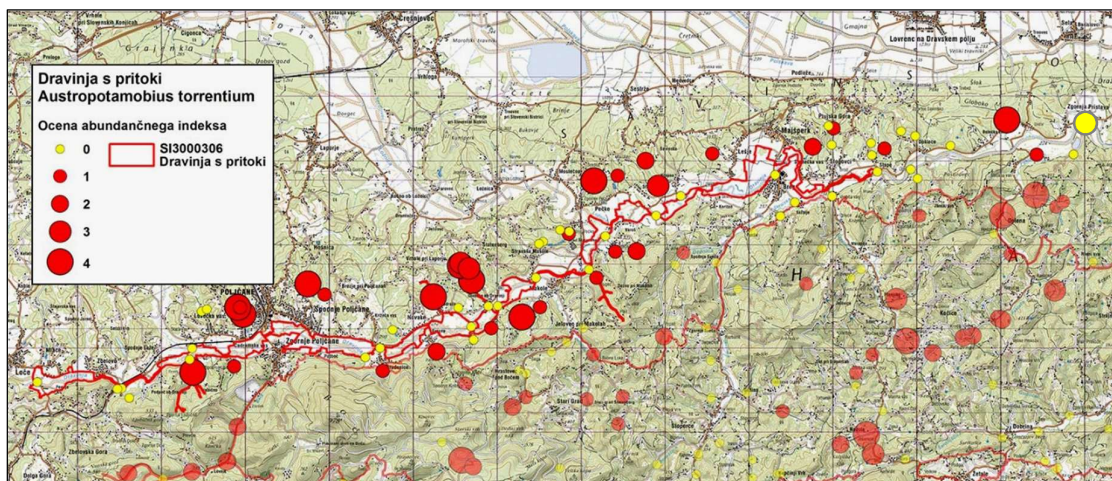
V NATURA 2000 območju Dravinja s pritoki in širši okolici izven NATURA 2000 območja smo v okviru projekta LIFE-IP NATURA.SI v letih 2019 in 2020 ocenili izhodiščno stanje koščaka (Bedjanič s sod. 2021a). V reki Dravinji koščaka nismo zabeležili, prav tako ne drugih domorodnih ali tujerodnih vrst rakov. Ocenili smo, da se koščak v NATURA 2000 območju Dravinja s pritoki v sami reki najverjetneje ne pojavlja oz. da njegove morebitne populacije tukaj niso varstveno relevantne. Tudi historičnih podatkov o močnejših populacijah koščaka v Dravinji ni.

Mnogo bolj kot sama reka Dravinja so za koščaka v NATURA 2000 območju Dravinja s pritoki pomembni manjši pritoki z Dravinjskih goric ter Savinskega na severu in z območja Boča in Haloz na jugu. Populacije koščaka v pritokih reke Dravinje so zaenkrat pretežno v dobrem ohranitvenem stanju.

Pojavljanje vrste v nekaterih od teh potokov je pomembno v širšem regionalnem merilu. Najbolj vzhodno ležeča lokaliteta z močno populacijo koščaka je potok v dolini Globoko pri Bolečki vasi, ki sicer leži približno 3,7 km dolvodno od vzhodne meje NATURA 2000 območja Dravinja s pritoki oz. približno 14,5 km gorvodno od izliva Dravinje v Dravo. (Bedjanič s sod. 2021a; Slika 12).

V okviru projekta LIFE-IP NATURA.SI smo ocenili tudi izhodiščno stanje koščaka v NATURA 2000 območju Boč – Haloze – Donačka gora (Bedjanič s sod. 2021b). Najbolj vzhodno in reki Dravinji najbližje ležeče lokalitete z močnimi populacijami koščaka ležijo v hidrografskem območju Peklače, približno 4,4 km dolvodno od kraja Slape in od vzhodne meje NATURA 2000 območja Dravinja s pritoki oz. približno 13,7 km gorvodno od izliva Dravinje v Dravo. Stanje populacij koščaka na območju potoka Peklače smo ocenili kot ugodno (Bedjanič s sod. 2021b; Slika 12).

V NATURA 2000 območju Dravinja s pritoki in širši okolici izven NATURA 2000 območja, zaenkrat nismo zabeležili pojavljanja tujerodnih vrst rakov ali detektirali negativnih vplivov tujerodnih vrst rakov na populacije koščaka.



Slika 12. Podatki o pojavljanju koščaka (*Austropotamobius torrentium*) v NATURA 2000 območju Dravinja s pritoki (SI3000306) in širši okolici, z ocenjeno kategorijo (0-4) velikosti populacij vrste na vzorčenih odsekih vodotokov na raziskovanem območju v letih 2019 in 2020. Opis kategorij: (0 - rumeno) - brez prisotnosti vrste; (1) - do 2 osebkov (popolni pregled); (2) - 3 do 5 osebkov različnih velikostnih razredov (popolni pregled) / ali manj osebkov v primeru veliko račin; (3) - 6 do 9 osebkov različnih velikostnih razredov (popolni pregled) / ali manj osebkov v primeru veliko račin; (4) - 10 ali več osebkov (popolni pregled) / ali manj osebkov v primeru veliko račin. Z rdečo črto je označena meja NATURA 2000 območja Dravinja s pritoki, podatki iz sosednjega NATURA 2000 območja Boč – Haloze – Donačka gora so posvetljeni. Na rumenih točkah (kategorija 0) nismo zabeležili nobenih domorodnih ali tujerodnih vrst rakov. Največja in najvzhodnejša rumena točka na Dravinji pri Zgornji Pristavi je najzahodnejše vzorčno mesto za trnavca (Tabela 1). Proti vzhodu, do izliva Dravinje v Dravo, so vzorčne točke prikazane na Sliki 3.

3.3. Rezultati ZZRS - izlov trnavca v gramoznicah pri Bukovcih pri Ptuj

V okviru projekta LIFE-IP NATURA.SI je Zavod za ribištvo Slovenije (ZZRS) za leti 2019 in 2020 pripravil dve obsežni poročili »Izlavljanje invazivnega raka trnavca *Faxonius limosus* na področju stare struge reke Drave pod jezom Markovci, Slovenija«, v katerih so rezultati projektnega dela zgledno predstavljeni in ki vsebujeta veliko dragocenih informacij o populaciji trnavca na doslej edinem znanem mestu pojavljanja pri nas (Mrzelj s sod. 2020a, Marguč s sod. 2021).

Izlov trnavca na območju gramoznic ob Dravi pri Borovcih pri Ptuj sicer poteka že od leta 2017, najprej poskusno (Bric & Hamzič 2017) ali obrobno v okviru populacijske raziskave (Bizjak & Govedič 2017), kasneje pa z vedno širšim naborom metod in zlasti v okviru projekta LIFE-IP NATURA.SI tudi bolj intenzivno. V letu 2017 so sodelavci ZZRS ujeli 275 osebkov, leta 2018 so ujeli 2.191 osebkov, leta 2019 so ujeli 2.353 osebkov, leta 2020 pa 2.072 osebkov (Marguč s sod. 2021). Številke niso primerljive, saj vzorčevalni napor ni bil enak, tudi nabor uporabljenih metod vzorčenja je bil različen, oboje močno v prid zelo intenzivnemu terenskemu delu v letu 2020. Dodati je treba, da omenjena številka iz leta 2020 ne vključuje pomladanskega ulova samic z zarodom, s čimer je bilo odstranjenih dodatnih 2.728 trnavcev. Zelo pomemben je tudi podatek, da je bila v letu 2019 na območju gramoznic pri enem od petih testiranih osebkov trnavca potrjena okužba z račjo kugo (*Aphanomyces astaci*) (Mrzelj s sod. 2020).

Izlavljanje trnavca je metodološko zahtevno, potrebno je intenzivno, kontinuirano terensko delo v različnih sezonah, podnevi in ponoči, z zelo veliko vloženega navora. Marguč s sod. (2021) podrobno opisujejo območje gramoznic ob Dravi pri Borovcih pri Ptuj ter doslej uporabljene metode izlova: elektroizlov z nahrbtnim agregatom, elektroizlov s čolna, vzorčenje z vršami, lov z roko in praznjenje manjše gramoznice, pri čemer ugotavljajo, da je elektroizlov - zlasti s čolna - najuspešnejši, vendar tudi, da ima vsaka metoda svoje omejitve in prednosti ter da zaradi raznolikosti območja in drugih specifik nobena od njih ni univerzalno uporabna. Dobro poznavanje fizičnih značilnosti območja ter doslej pridobljene pozitivne in negativne izkušnje pri uporabi posamičnih metod izlova, bodo v nadaljnjih fazah dela gotovo zelo dobrodošle, k čemur je kot pomemben dejavnik treba dodati tudi izkušnost izvajalcev izlova.

Glede na podatke o številu izlovljenih trnavcev v letu 2020 je jasno, da je populacija te invazivne tujerodne vrste na območju gramoznic ob Dravi pri Borovcih pri Ptuj še vedno zelo velika. Posredno - zaradi določenih metodoloških omejitev sicer statistično neizračunljivo - nakazuje na to tudi podatek, da je bilo od 815 označenih in izpuščenih samcev ponovno ujetih le 69 označenih osebkov. Pričakujemo, da se bo opaznejši efekt na populaciji trnavca, ob vsaj enako intenzivnem delu kot v letu 2020, pokazal v naslednjem letu ali dveh. Glede na izkušnje iz tujine in tudi glede na izkušnje iz leta 2020 je jasno, da z doslej uporabljenim naborom metod izlova, trnavca na območju ne bo mogoče povsem odstraniti. Vsekakor pa je možno znatno omejiti velikost populacije in s tem bistveno upočasniti in okrniti njen invazijski oz. kolonizacijski potencial. Pri tem je treba že vnaprej vzeti v zakup, da je tudi v primeru uspešnega zmanjšanja populacije, za ohranjanje takšnega stanja nujno vsakoletno nadaljevanje intenzivnega izlova tudi po koncu projekta LIFE-IP NATURA.SI.

Ob tem je potrebno opozoriti, da bo ob morebitnem širjenju v reko Dravo trnavec v bližnji prihodnosti trčil ob drugo invazivno vrsto, ki se širi vzdolž Drave, signalnim rakom (*Pacifastacus leniusculus*; Slika 13), ki lahko sicer širjenje in populacijsko rast manjšega trnavca zaradi plenjenja omeji. Seveda pa so ob tem preskoki sevov račje kuge in njihovi medsebojni učinki nepredvidljivi (Jussila s sod. 2015).

Slika 13. Širjenje invazivnega signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*) vzdolž Drave lahko sicer omeji širjenje manjšega trnavca, vendar pa so učinki preskokov različnih sevov račje kuge med vrstama nepredvidljivi (Foto: Al Vrezec).



4. Dodatne smernice in predlogi možnih ukrepov za odstranjevanje in preprečitev širjenja trnavca

V nadaljevanju podajamo nekaj dodatnih smernic in predlogov možnih ukrepov za odstranjevanje oz. zmanjšanje populacije in preprečitev širjenja te invazivne tujerodne vrste v reko Dravinjo. Podajamo jih komplementarno k predlogom Zavoda za ribištvo Slovenije, ki so podani v poročilih projekta LIFE-IP NATURA.SI (Mrzelj s sod. 2020a, Marguč s sod. 2021).

- Glede na doslej zbrane informacije, znanje ter izkušnje iz prve faze projekta LIFE-IP se naj na ravni partnerstva pri omejevanju trnavca čim prej doreče vizija končnega cilja projekta na območju gramoznic – kontinuirano zmanjšanje populacije trnavca ali poskus popolne eradikacije? V primeru slednjega – edina potencialno učinkovita možnost je uporaba biocidov – zahteva končna odločitev več korakov, tehtne priprave in ponovni razmislek ob vsakem koraku, oceno stroškov, vključitev dodatnih deležnikov etc., kar pa se ne izključuje s potekajočim načinom dela in ukrepi za zmanjšanje populacije trnavca ter lahko poteka vzporedno.

Kljub temu, da biocide v našem okolju uporabljamo zelo pogosto, je odločitev o uporabi za namen poskusa popolne eradikacije trnavca na projektnem območju zelo težavna. Gre za NATURA 2000 območje, ki je zavarovano po HABITATNI DIREKTIVI in DIREKTIVI O PTICAH, gramoznice so v stiku s podtalnico, kljub majhnosti območja je to v obravnavanem kontekstu vseeno veliko tveganje. Po drugi strani je glede na izkušnje iz tujine uporaba biocidov edini način za vsaj teoretično možnost uspešne izvedbe popolne eradikacije. Potreben je torej tehten razmislek, pri čemer so lahko v pomoč konkretne izkušnje iz tujine (npr. Peay s sod. 2006, Stebbing s sod. 2014, O'Reilly 2015, Lidova s sod. 2019, Nunes 2019, Ballantyne s sod. 2019, Krieg s sod. 2020).

V tem kontekstu izpostavljamo prispevek Peay s sod. (2019), ki na primeru signalnega raka sistematično opisuje potrebne korake v načrtovanju poskusa popolne eradikacije z biocidi, podaja algoritme in vprašanja na katera je treba odgovoriti, v Dodatku (Tab. S1) pa natančno in po projektnih fazah našteva aktivnosti, ki jih je treba izvesti pred, med in po izvedbi poskusa tovrstne eradikacije invazivne tujerodne vrste raka.

- Za območje gramoznic je potrebno čim prej izdelati natančen batimetrični model (DMR, izobate, topografija dna lociranje objektov na dnu), ki naj zajema tudi bližnjo okolico in omogoča modeliranje z različnimi nivoji gladine in posledičen izračun volumnov. Ti podatki so ključni za razmislek o dodatnih mehanskih ukrepih (popolno zasipavanje manjših delov, delno zasipavanje ali spremembe topografije, ki zmanjšajo habitat in/ali olajšajo izlov), za načrtovanje praznjenja gramoznic in stroškovno oceno teh posegov. Tudi za primer odločitve v smeri poskusa popolne eradikacije so nujni podatki o volumnih in drugih značilnostih gramoznic.
- Z Direkcijo za vode Republike Slovenije, ki je partner projekta LIFE-IP, in Dravskimi elektrarnami se vzpostavi dogovor glede možnosti manipulacije pretoka v stari strugi Drave in tozadavnega vpliva na količino vode v gramoznicah. V letu 2020 je ZZRS opravil uspešno poskusno praznjenje ene od manjših gramoznic (Marguč s sod. 2021). Morda bi lahko sočasno in usklajeno kratkotrajno zmanjšanje pretoka v strugi Drave olajšalo postopek praznjenja. Na tem mestu dodajamo v kontekstu praznjenja gramoznic in učinkovitih metod izlova še izkušnje Chadwick s sod. (2020), ki so s t.i. Triple drawdown – TDD metodo, katere bistvo je ponavljajoč cikel »praznjenje – izlov – odstranitev refugijev – delno polnjenje« vodnega habitata pri enem vzorčenju, bistveno povečali izlov tujerodnega signalnega raka v primerjavi s konvencionalnimi metodami.

- Za zagotovitev boljše dostopnosti in uspešnejšega izlova se razmisli o odstranitvi obrežnega pasu rastlinja v nekaterih gramoznicah in odstranitvi večjih potencialnih skrivališč rakov (skale, potopljena debla, kosovni odpadki).
- Predlagamo, da se ponovni izpust samcev v populacijo dosledno izvaja po metodi sterilizacije odraslih samcev in vračanja v populacijo (SRMT - sterile males release technique) in sicer na način fizične odstranitve gonopodijev. Označuje in vrača se v gramoznico le ujete samce z dolžino glavoprsja z rostrumom (CLR), ki je večja od 33 mm in ne 23 mm kot doslej.

Za ponovni izpust ulovljenih samcev se je ZZRS odločil na podlagi ugotovitev (npr. Manfrin s sod., 2019), da izlov odraslih dominantnih samcev zmanjša vpliv kompeticije in predacije nad juvenilnimi osebki, kar dolgoročno vodi v povečanje številčnosti populacije. Z namenom zmanjšanja števila juvenilnih osebkov v populaciji se z vračanjem samcev ohranja nivo kanibalizma in zasedenost optimalnih skrivališč ter pritisk na juvenilne osebkke (Marguč s sod. 2021). Menimo, da je takšen pristop sicer na mestu, vendar ga je treba optimizirati s sterilizacijo izpuščenih samcev, ki še naprej izpolnjujejo vlogo intraspecifične kompeticije in predacije, tudi pri parjenju še vedno sodelujejo in tekmujejo, vendar jajčeca niso oplojena in tako še dodatno vplivamo na manjše število juvenilnih osebkov. Aquiloni s sod. (2009) so za ta namen samce pred ponovnim izpustom sterilizirali na način obsevanja z rentgenskimi žarki, vendar je metoda logistično zelo zapletena, ni poceni, dodatno pa nove raziskave kažejo, da vsaj pri močvirskem škarjarju (*Procambarus clarkii*) po nekaj mesecih efekt izzvani in je potrebna ponovitev sterilizacije (Manfrin s sod. 2021). Green s sod. (2020) so samce signalnega raka sterilizirali na enostavnejši način – s fizično odstranitvijo gonopodijev ter pokazali, da sterilizirani samci niso spremenili nobenega aspekta paritvenega vedenja ter da so ostali enako atraktivni za samice. Glede velikosti ponovno vrnjenih osebkov smo mnenja, da bo tudi z zvišanjem merila še vedno dovolj večjih osebkov vrnjenih v populacijo, hkrati pa se bo pomembno zvišalo število dejansko izlovljenih rakov. Samo v letu 2020 je bilo namreč v gramoznice »vrnjenih« 815 samcev, za katere ni jasno zapisano ali so všteti v skupno število izlovljenih rakov v tem letu.

- Kot komplementarno metodo za zmanjšanje populacije trnavca predlagamo čim prejšnji vnos večjega števila predatorjev rakov – avtohtonih rib, ki so potencialni plenilci trnavca. Glede na značilnosti gramoznic se zdita najustreznejša izbira som (*Silurus glanis*) in navadni ostriž (*Perca fluviatilis*), ki sta na širšem območju oba avtohtona. Morda bi bila kot dopolnitev primerna tudi ščuka (*Esox lucius*). Viri iz tujine potrjujejo, da tako som kot ostriž plenita rake, tudi trnavca (Carol s sod. 2009, Czarnecki s sod. 2003, Vejřík s sod. 2017). Potreben je razmislek in testiranje glede velikosti in števila vloženih rib ter njihove velikostne strukture, pri čemer se skuša »pokriti« čim več različnih niš, različnih tehnik predacije in tudi velikostnih razredov plena - rakov. Po našem mnenju ima ta pristop precejšen potencial, seveda pa ne gre za enkratno introdukcijo, ampak je vnos plenilskih rib po potrebi treba ponavljati in prilagajati glede velikostnih razredov, po vsakokratnih katastrofičnih visokih vodah etc. Z elektroizlovom je možno strukturo plenilske združbe do neke mere tudi aktivno uravnati, kar lahko poteka hkrati s siceršnjim izlovom trnavca. ZZRS ima seveda vso potrebno ekspertizo za izvedbo.
- Trnavec je relativno majhna vrsta potočnega raka, ki je občutljiva tudi na prisotnost večjih vrst potočnih rakov, ki ga lahko iz sistema povsem izločijo (Chucholl 2012). Na območju reke Drave se dolvodno od Dravograda pospešeno širi invazivni tujerodni signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*), ki je že dosegel Ptujsko jezero, vendar doslej v stari strugi Drave pod jezom v Markovcih še ni bil zabeležen (Govedič & Vrezec 2018, Mrzelj s sod. 2020). V primeru nadaljnega širjenja signalnega raka na območje stare struge Drave med Ptujem in Ormožem ter v gramoznice ob Dravi pri Borovcih pri Ptuju, je treba razmisliti, ali je večjega in

agresivnejšega signalnega raka smiselno odstranjevati, ali pa tudi v tem primeru uporabiti npr. metodo sterilizacije odraslih samcev in vračanja v populacijo.

Dosedanje izkušnje kažejo, da so vplivi sobivajočih vrst rakov izjemno močni in v večini primerov imajo za rezultat izginotje ene od vrst, navadno manjše. Signalni rak lahko tako zmanjša populacijo trnavca prek neposrednega plenjenja ali posredno prek prenosa specifičnega seva račje kuge na trnavca. Ima namreč druge koevoluirane seve račje kuge kot trnavec (Jussila s sod. 2015). Možen pa je tudi prenos na trnavca koevoluiranega seva račje kuge na signalnega raka in s tem vpliv na povečano smrtnost signalnega raka. Glede na to, da reko Dravo signalni rak že poseljuje in da ga glede na njegovo razširjenost in širjenje ni več mogoče iztrebiti, je torej potreben razmislek, če in kako ukrepati v primeru, da se bo ustalil na širšem pilotnem območju. To zahteva ustrezen akcijski načrt oz. dogovor.

- Predlagamo, da se kot komplementarna metoda vršam z vabo v gramoznicah uporabi še večje število t.i. pasti ART – Artificial Refuge Traps za rake (Green s sod. 2018). Gre za preprosto pasto, ki je sestavljena iz večjega števila kratkih cevi različnega premera, ki so pritrjene na kovinski podstavek. Njihova prednost je, da so se vsaj pri izlovu signalnega raka izkazale za bistveno učinkovitejše, da v nasprotju z vršami niso selektivne kar se tiče spola in velikosti ujetih osebkov, da so lahko postavljene preko celotne sezone in da ni potrebna vsakokratna dezinfekcija. Izkušenj pri izlovu trnavca še ni in bilo bi smiselno poskusiti z uporabo tudi pri nas. Domnevamo, da bi bilo možno njihovo uporabo še nadgraditi, npr. s prilagajanjem premera cevi in na ta način tudi bolj ciljno izlavljanje določene velikostne razrede rakov.
- Med zanimivimi novimi metodami, ki bi se lahko izkazale za potencialno uporabne v kontekstu izboljšanja uspeha izlova trnavca, velja omeniti npr. uporabo ogljikovega dioksida (Cupp s sod. 2018, Fredricks s sod. 2020).
- Glede na uspešne izkušnje s pomladanskim ulovom samic z zarodom predlagamo, da se temu segmentu izlova posveti čim več pozornosti in napore. V letu 2020 je bilo izlovljenih 27 samic z zarodom, torej z jajčeci ali juvenilnimi osebki, ki so bili še vedno pritrjeni na samico, s čimer je bilo odstranjenih dodatnih 2.728 trnavcev (Marguč s sod. 2021). V hidrološko in vremensko ugodnih razmerah je v organizaciji ZZRS morda vredno razmisliti tudi o izvedbi »skupinskega izlova« s strani strokovnjakov, ki se ukvarjajo z raki – v operativnem in ne promocijskem smislu.
- Na začetku vsake sezone predlagamo, da ZZRS organizira operativni sestanek na ravni partnerstva (MOP, NIB, CKFF, po potrebi ostali partnerji), za katerega se pripravi in na njem prediskutira letni načrt izlova trnavca na projektnem območju, v smislu akcijskega načrta, v okviru katerega se preveri vse možne ukrepe in določi rešitve.

Sicer ne neposredno povezano z izlovom trnavca na projektnem območju gramoznic ob Dravi pri Borovcih pri Ptujju opozarjamo, da je treba potencialno grožnjo širjenja tujerodnih vrst rakov v reko Dravinjo upoštevati tudi pri vseh načrtih sanacije obstoječih pregrad in jezov na Dravinji v smislu vzpostavitve prehodnosti za ribe. Odstranitev ovir in vzpostavitev delujočih ribjih stez lahko ob vseh pozitivnih učinkih namreč neželjeno olajša gorvodno prehodnost tujerodnim vrstam rakov. Pregled problematike in nekatere možne rešitve podajajo Frings s sod. (2013), Kerr s sod. (2021) in Welsh & Loughman (2015).

5. Zaključki

Trnavec je severnoameriška invazivna tujerodna vrsta raka. Uvrščen je na SEZNAM INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST, KI ZADEVAJO UNIJO. Je t. i. regulirana tujerodna vrsta, katere ustalitev in širjenje ogroža biotsko raznovrstnost, torej ekosisteme, habitate ali vrste in/ali zdravje ljudi in gospodarstvo v EU.

Doslej je trnavec v Sloveniji znan le na območju gramoznic ob Dravi pri Borovcih pri Ptujju, kamor je bil zagotovo antropogeno vnešen. Predstavlja pomembno potencialno grožnjo ohranjanju populacij domorodnega raka koščaka na NATURA 2000 območjih Dravinja s pritoki (SI3000306) in Boč – Haloze – Donačka gora (SI3000118). Tudi pri nas je bila v populaciji trnavca potrjena okužba z račjo kugo (*Aphanomyces astaci*), ki predstavlja največjo grožnjo domorodnim vrstam rakov (Mrzelj s sod. 2020). Zaradi tega je trnavec ena od pomembnih ciljnih vrst projekta LIFE-IP NATURA.SI, za katero so načrtovani ukrepi odstranjevanja in omejitve njenega potencialnega širjenja v reko Dravinjo.

Z namenom ocene izhodiščnega stanja trnavca na odseku Dravinje med NATURA 2000 območjem Dravinja s pritoki in njenim iztokom v Dravo smo izbrali osem vzorčnih mest, na katerih smo v letih 2019 in 2020 uporabili metodo vzorčenja z vršami. V reki Dravinji trnavca nismo zabeležili na nobeni lokaliteti, prav tako ne tudi nobene domorodne vrste ali tujerodnih vrst rakov. Enako velja za vzorčni mesti v reki Dravi.

V okviru projekta LIFE-IP NATURA.SI smo ocenili tudi izhodiščno stanje koščaka v NATURA 2000 območju Boč – Haloze – Donačka gora. Reki Dravinji in vzhodni meji NATURA 2000 območja Dravinja s pritoki najbližje lokalitete z močnimi populacijami koščaka, ležijo v hidrografskem območju Peklače in v dolini Globoko pri Bolečki vasi, ohranitveno stanje koščaka je tukaj ocenjeno kot ugodno. V NATURA 2000 območju Dravinja s pritoki in širši okolici izven NATURA 2000 območja, zaenkrat nismo zabeležili pojavljanja tujerodnih vrst rakov ali detektirali negativnih vplivov tujerodnih vrst rakov na populacije koščaka (Bedjanič s sod. 2021a, 2021b).

Izlov trnavca na območju gramoznic ob Dravi pri Borovcih pri Ptujju poteka od leta 2017. Zavod za ribištvo Slovenije (ZZRS) je za leti 2019 in 2020 pripravil dve obsežni poročili »Izlavljanje invazivnega raka trnavca *Faxonius limosus* na področju stare struge reke Drave pod jezom Markovci, Slovenija« (Mrzelj s sod. 2020a, Marguč s sod. 2021). Poleg zgledno pripravljene predstavitve metod vzorčenja in analize rezultatov, vsebujejo poročila tudi smernice in predloge za nadaljevanje dela. Celovite krovne usmeritve so predstavljene tudi v drugih elaboratih in strokovnih podlagah pri uveljavitvi ukrepov za odstranitev in obvladovanje vodnih invazivnih tujerodnih vrst (Govedič & Vrezec 2018, Podgornik s sod. 2017, Semrajc 2018, Mrzelj s sod. 2019, 2020b). Še obširnejši je s tovrstno vsebino nabor tuje literature, v številnih evropskih državah je namreč problematika tujerodnih invazivnih vrst rakov zelo pereča (npr. Holdich s sod. 2009, Krieg s sod. 2020, Manfrin s sod. 2019).

Kot kažejo izkušnje ZZRS je izlavljanje trnavca metodološko zahtevno, potrebno je intenzivno, kontinuirano terensko delo z zelo veliko vložene napora. Nujna je uporaba različnih metod lova, pri čemer ima vsaka metoda svoje omejitve in prednosti, zaradi raznolikosti območja in drugih specifik pa nobena od njih ni univerzalno uporabna. Kljub uspešnemu izlovu trnavcev v letih 2019 in 2020 je populacija te invazivne tujerodne vrste na območju gramoznic ob Dravi pri Borovcih pri Ptujju še vedno zelo velika. Z doslej uporabljenim naborom metod izlova trnavca na projektnem območju najverjetneje ne bo mogoče povsem odstraniti. Vsekakor pa je možno znatno omejiti velikost populacije in s tem bistveno upočasniti in okrniti njen invazijski oz. kolonizacijski potencial. V primeru uspešnega zmanjšanja populacije, bo za ohranjanje takšnega stanja nujno vsakoletno nadaljevanje intenzivnega izlova tudi po koncu projekta LIFE-IP NATURA.SI.

Komplementarno k predlogom Zavoda za ribištvo Slovenije, ki so podani v poročilih projekta LIFE-IP NATURA.SI (Mrzelj s sod. 2020a, Marguč s sod. 2021), podajamo nekaj dodatnih konkretnih smernic in predlogov možnih ukrepov za odstranjevanje oz. zmanjšanje populacije in preprečitev širjenja te invazivne tujerodne vrste v reko Dravinjo:

- Glede na doslej zbrane informacije, znanje ter izkušnje iz prve faze projekta LIFE-IP se naj na ravni partnerstva pri omejevanju trnavca čim prej doreče vizija končnega cilja projekta na območju gramoznic – kontinuirano zmanjšanje populacije trnavca ali poskus popolne eradikacije? V primeru slednjega – edina potencialno učinkovita možnost je uporaba biocidov – zahteva končna odločitev več korakov, tehtne priprave in ponovni razmislek ob vsakem koraku, oceno stroškov, vključitev dodatnih deležnikov etc., kar pa se ne izključuje s potekajočim načinom dela in ukrepi za zmanjšanje populacije trnavca ter lahko poteka vzporedno.
- Za območje gramoznic je potrebno čim prej izdelati natančen batimetrični model (DMR, izobate, topografija dna lociranje objektov na dnu), ki naj zajema tudi bližnjo okolico in omogoča modeliranje z različnimi nivoji gladine in posledičen izračun volumnov. Ti podatki so ključni za razmislek o dodatnih mehanskih ukrepih (popolno zasipavanje manjših delov, delno zasipavanje ali spremembe topografije, ki zmanjšajo habitat in/ali olajšajo izlov), za načrtovanje praznjenja gramoznic in stroškovno oceno teh posegov. Tudi za primer odločitve v smeri poskusa popolne eradikacije so nujni podatki o volumnih in drugih značilnostih gramoznic.
- Z Direkcijo za vode Republike Slovenije, ki je projektni partner, in Dravskimi elektrarnami se naveže tesnejše stike glede možnosti manipulacije pretoka v stari strugi Drave in tozadevnega vpliva na količino vode v gramoznicah.
- Predlagamo, da se ponovni izpust samcev v populacijo dosledno izvaja po metodi sterilizacije odraslih samcev in vračanja v populacijo (SRMT) in sicer na način fizične odstranitve gonopodijev. Označuje in vrača se v gramoznico le ujete samce z dolžino glavoprsja z rostrumom (CLR), ki je večja od 35 mm in ne 23 mm kot doslej.
- Kot komplementarno metodo za zmanjšanje populacije trnavca predlagamo čim prejšnji vnos večjega števila predatorjev rakov – avtohtonih rib, ki so potencialni plenilci trnavca. Glede na značilnosti gramoznic se zdita najustreznejša izbira som (*Silurus glanis*) in navadni ostriž (*Perca fluviatilis*). Po našem mnenju ima ta pristop precejšen potencial, seveda pa ne gre za enkratno introdukcijo, ampak je vnos plenilskih rib po potrebi treba ponavljati in prilagajati glede velikostnih razredov, po katastrofičnih visokih vodah etc. ZZRS ima seveda vso potrebno ekspertizo za izvedbo.
- Predlagamo, da se kot komplementarna metoda vršam z vabo v gramoznicah uporabi še večje število t.i. pasti ART – Artificial Refuge Traps za rake. Njihova prednost je, da so učinkovitejše, neselektivne, da jih je možno modificirati, da so lahko postavljene preko celotne sezone in da ni potrebna vsakokratna dezinfekcija, vendar pa izkušenj pri izlovu trnavca in z uporabo pri nas še ni.
- Glede na uspešne izkušnje s pomladanskim ulovom samic z zarodom predlagamo, da se temu segmentu izlova posveti čim več pozornosti in navora. V hidrološko in vremensko ugodnih razmerah je v organizaciji ZZRS morda vredno razmisliti tudi o organizaciji »skupinskega izlova« s strani strokovnjakov, ki se ukvarjajo z raki – v operativnem in ne promocijskem smislu.
- Na začetku vsake sezone predlagamo, da ZZRS organizira operativni sestanek na ravni partnerstva (MOP, NIB, CKFF, po potrebi ostali partnerji), za katerega se pripravi in na njem prediskutira letni načrt izlova trnavca na projektnem območju, v smislu akcijskega načrta, v okviru katerega se preveri vse možne ukrepe in določi rešitve.

6. Viri in literatura

[Obsežen seznam literature za trnavca in vsebinsko povezane segmente (ostale invazivne tujerodne vrste, ukrepi, biocidna kontrola, vnos predatorjev etc.) je pripravljen z namenom vzpostavitve čim širše baze obstoječega znanja in izkušenj iz tujine. Viri so znotraj projektnega partnerstva v .pdf na voljo pri avtorjih poročila.]

- ALEKHNOVICH, A. & M. BUŽIČ, 2017. NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Orconectes limosus*. [From: Online Database of the European Network on Invasive Alien Species – NOBANIS www.nobanis.org, Date of access 15/11/2019]
- AQUILONI, L., A. BECCIOLINI, R. BERTI, S. PORCIANI, C. TRUNFIO & F. GHERARDI, 2009. Managing invasive crayfish: use of X- ray sterilisation of males. *Freshwater Biology* 54 (7):1510–1519.
- AYDIN, H., H. KOKKO, J. MAKONEN, R. KORTET, H. KUKKONEN & J. JUSSILA, 2013. The signal crayfish is vulnerable to both the As and the Psl-isolates of the crayfish plague. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 413: 03.
- BALLANTYNE, L., D. BAUM, C. W. BEAN, J. LONG & S. WHITAKER, 2019. Successful eradication of signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) using a non-specific biocide in a small isolated water body in Scotland. V: C.R. Veitch, M.N. Clout, A.R. Martin, J.C. Russell and C.J. West (ured.), *Island invasives: scaling up to meet the challenge*, str. 443–446. Occasional Paper SSC no. 62, IUCN, Gland.
- BEDJANIČ, M., A. VREZEC & A. KAPLA, 2021a. Poročilo o evidentiranju izhodiščnega stanja izbranih vrst in habitatnih tipov na IP območjih - Akcija A.1.2: Območje Dravinja s pritoki (SI3000306): Koščak (*Austropotamobius torrentium*): 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. 46 str. + digitalne priloge. [Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana].
- BEDJANIČ, M., A. VREZEC & A. KAPLA, 2021b. Poročilo o evidentiranju izhodiščnega stanja izbranih vrst in habitatnih tipov na IP območjih - Akcija A.1.2: Območje Boč - Haloze - Donačka gora (SI3000118): Koščak (*Austropotamobius torrentium*): 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. 41 str. + digitalne priloge. [Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana].
- BIZJAK, T. & M. GOVEDIČ, 2017. Rak trnavec – še en nezaželen prišlek v Sloveniji. *Trdoživ* 6(2): 28–29.
- BORŠIČ, I., A. JEŠOVNIK, T. MIHINJAČ, P. KUTLEŠA, S. SLIVAR, M. CIGROVSKI MUSTAFIĆ & S. DESNICA, 2018. Invasive Alien Species of Union Concern (Regulation 1143/2014) in Croatia. *Nat. Croat.*, 27(2): 357–398.
- BRIC, B. & R. HAMZIČ, 2017. Poskusno odstranjevanje trnavca (*Orconectes limosus*) iz gramoznic ob Dravi v letu 2017. Zavod za ribištvo Slovenije, Spodnje Gameljne. 21 str. [Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana]
- BUŽIČ, M., P. KOZÁK & A. KOUBA, 2009a. Movement patterns and ranging behaviour of the invasive spiny-cheekcrayfish in a small reservoir tributary. *Fundamental and Applied Limnology / Archiv für Hydrobiologie* 174: 329–337.
- BUŽIČ, M., A. KOUBA & P. KOZÁK, 2009b. Spring mating period in *Orconectes limosus*: the reason for movement. *Aquatic Sciences –Research Across Boundaries* 71: 473–477.
- BUŽIČ, M., M. HULÁK, A. KOUBA, A. PETRUSEK & P. KOZÁK, 2011. A successful crayfish invader is capable of facultative parthenogenesis: a novel reproductive mode in decapod crustaceans. *PLoS ONE* 6: e20281.
- BUŽIČ, M., A. KOUBA & P. KOZÁK, 2013. Reproductive plasticity in freshwater invader: from long-term spermstorage to parthenogenesis. *PLoS ONE* 8: e77597.

- CAROL, J., L. BENEJAM, J. BENITO & E. GARCÍA-BERTHOU, 2009. Growth and diet of European catfish (*Silurus glanis*) in early and late invasion stages. *Fundamental and Applied Limnology / Archiv für Hydrobiologie* 174(4): 317–328.
- CHADWICK, D. D. A., E. G. PRITCHARD, P. BRADLEY, C. D. SAYER, M. A., CHADWICK & L. J. B. EAGLE, 2020. A novel 'triple drawdown' method highlights deficiencies in invasive alien crayfish survey and control techniques. *J. Appl.Ecol.* 29. doi: 10.1111/1365-2664.13758
- CHYBOWSKI, L., 2007. Morphometrics, fecundity, density, and feeding intensity of the spiny-cheek crayfish, *Orconectes limosus* (Raf.) in natural conditions. *Archives of Polish Fisheries* 15: 175–241.
- CRANDALL, K. A. & S. DE GRAVE, 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.
- CHUCHOLL, C., 2012. Understanding invasion success: life-history traits and feeding habits of the alien crayfish *Orconectes immunis* (Decapoda, Astacida, Cambaridae). *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 404(4): 1–22.
- CUPP A.R., J. R. SMERUD, J.A. TIX, J. M. RIVERA, S.A. KAGEYAMA, C. M. MERKES, R. A. ERICKSON, J. J. AMBERG, & M. P. GAIKOWSKI, 2018. Assessment of carbon dioxide piscicide treatments. *North American Journal of Fisheries Management* 38: 1241–1250. <https://doi.org/10.1002/nafm.10227>
- CZARNECKI, M., W. ANDRZEJEWSKI & J. MASTYŃSKI, 2003. The feeding selectivity of wels (*Silurus glanis* L.) in lake Góreckie. *Archives of Polish Fisheries* 11(1): 141-147.
- FREDRICKS, K.T, J. A. TIX, J. R. SMERUD & A. R. CUPP, 2020. Laboratory trials to evaluate carbon dioxide as a potential behavioral control method for invasive red swamp (*Procambarus clarkii*) and rusty crayfish (*Faxonius rusticus*). *Management of Biological Invasions* 11(2): 259–278, <https://doi.org/10.3391/mbi.2020.11.2.06>
- FRINGS, R. M., S. C. K. VAEßEN, H. GROß, S. ROGER, H. SCHÜTTRUMPF & H. HOLLERT, 2013. A fish-passable barrier to stop the invasion of non-indigenous crayfish. *Biological Conservation* 159: 521–529.
- GHERARDI, F., L. AQUILONI, J. DIÉGUEZ-URIBEONDO & E. TRICARICO, 2011. Managing invasive crayfish: is there a hope? *Aquatic Sciences* 73: 185–200.
- GOVEDIČ, M., 2006. *Potočni raki Slovenije: razširjenost, ekologija, varstvo*. Center za kartografijo favne in flore, Miklavž na Dravskem polju. 26 str.
- GOVEDIČ, M., 2017a. First record of the spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) in Slovenia – 300 km upstream from its known distribution in the Drava River. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 418(7): 1–5.
- GOVEDIČ, M., 2017b. Trnavec – še en tujerodni potočni rak v Sloveniji. *Ribič* 76(3): 47–49.
- GOVEDIČ, M., A. VREZEC, M. JAKLIČ, A. LEŠNIK, V. GROBELNIK, A. ŠALAMUN, Š. AMBROŽIČ & 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. & 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].
- GREEN, N., M. BENTLEY, P. STEBBING & D. ANDREOU, 2018. Trapping for invasive crayfish: comparisons of efficacy and selectivity of baited traps versus novel artificial refuge traps. *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.* 419(15): 1-9.

- GREEN, N., J. R. BRITTON, M. BENTLEY, P. STEBBING & D. ANDREOU, 2020. Dominance, reproductive behaviours and female mate choice in sterilised versus non-sterilised invasive male crayfish. *Aquat Ecol* (2020) 54: 813–822.
- HAERTEL-BORER, S., D. ZAK, R. ECKMANN, U. BAADE & F. HÖLKER, 2005. Population Density of the Crayfish, *Orconectes limosus*, in Relation to Fish and Macroinvertebrate Densities in a Small Mesotrophic Lake – Implications for the Lake’s Food Web. *Internat. Rev. Hydrobiol.* 90(5-6): 523–533.
- HIRSCH, P. E., P. BURKHARDT-HOLM, I. TÖPFER & P. FISCHER, 2016. Movement patterns and shelter choice of spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) in a large lake’s littoral zone. *Aquatic Invasions* 11(1): 55–65.
- HOLDICH, D. & J. BLACK, 2007. The spiny-cheek crayfish, *Orconectes limosus* (Rafinesque, 1817) [Crustacea: Decapoda: Cambaridae], digs into the UK. *Aquatic Invasions*, 2(1): 1-16.
- HOLDICH, D. M., J. D. REYNOLDS, C. SOUTY-GROSSET & P. J. SIBLEY, 2009. A review of the ever increasing threat to European crayfish from non-indigenous crayfish species. *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.* 394–395: 11.
- HUDINA, S., M. FALLER, A. LUCIĆ, G. KLOBUČAR & I. MAGUIRE, 2009. Distribution and dispersal of two invasive crayfish species in the Drava River basin, Croatia. *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.* 394–395: 09.
- HUDINA, S., P. KUTLEŠA, K. TRGOVČIĆ & A. DUPLIĆ, 2017. Dynamics of range expansion of the signal crayfish (*Pacifastacus leniusculus*) in a recently invaded region in Croatia. *Aquatic Invasions* 12(1): 67–75.
- JAKLIČ, M., 2016. *Ecological niche relations of indigenous and invasive crayfish (Astacoidea) in Slovenia*. Disertacija, Univerza v Novi Gorici, Fakulteta za podiplomski študij, Nova Gorica. xx + 150 str. + Ann. A-F.
- JAKLIČ, M. & A. VREZEC, 2013. Naši potočni raki – ogrožene vrste in tujerodne invazivke. *Svet ptic* 19(4): 12–13.
- JUSSILA, J., TOLJAMO, J. MAKONEN KUKKONEH, & H. KOKKO, 2014. Practical disinfection chemicals for fishing and crayfishing gear against crayfish plague transfer. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 413 (2): 1–8.
- JUSSILA, J., A. VREZEC, J. MAKONEN, R. KORTET & H. KOKKO, 2015. Invasive crayfish and their invasive diseases in Europe with the focus on the virulence evolution of the crayfish plague. V: Canning-Clode, J. (Ed.), *Biological Invasions in Changing Ecosystems: Vectors, Ecological Impacts, Management and Predictions*, str. 183–211, De Gruyter Ltd, Warsaw.
- JUSSILA, J., A. VREZEC, T. JAKLIČ, H. KUKKONEH, J. MAKONEN & H. KOKKO, 2017. *Aphanomyces astaci* isolate from latently infected stone crayfish (*Austropotamobius torrentium*) population is virulent. *Journal of Invertebrate Pathology* 149: 15–20.
- KARLO, T., A. SENEGAČNIK & A. KOREN, 2020. *Analiza in ocena stanja projektnega območja Dravinjska dolina in Dravinja s pritoki*. Poročilo akcije A.1.1 LIFE integriranega projekta za okrepljeno upravljanje Nature 2000 v Sloveniji (LIFE17 IPE/SI/000011), Zavod RS za varstvo narave, Maribor. 87 str.
- KERR, J. R., A. S. VOWLES, M. C. CRABB & P.S. KEMP, 2021. Selective fish passage: Restoring habitat connectivity without facilitating the spread of a non-native species. *Journal of Environmental Management* 279: 1-12.
- KOUBA, A., A. PETRUSEK & P. KOZAK, 2014. Continental-wide distribution of crayfish species in Europe: update and maps. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 413: 5.
- KOZÁK, P., M. BUŘIČ, & T. POLICAR, 2006. The fecundity, time of egg development and juvenile production in spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*) under controlled conditions. *Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture* 380–381: 1171–1182.

- KOZÁK P., M. BUŘIČ, T. POLICAR, J. HAMÁČKOVÁ, A. LEPIČOVÁ, 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.
- KRIEG, R., A. KING & A. ZENKER, 2020. Measures to Control Invasive Crayfish Species in Switzerland: A Success Story? *Front. Environ. Sci.* 8: 609129. doi: 10.3389/fenvs.2020.609129
- KUS VEENVLIET, J. & P. VEENVLIET. 2016. 2. del: Ključi za prepoznavanje reguliranih vrst rakov. V: *Identifikacija izbranih tujerodnih vrst, ki zadevajo Unijo. Poročilo o izvedbi IV. faze projektne naloge Osveščanje o invazivnih tujerodnih vrstah, Uredbi (EU) št. 1143/2014 o preprečevanju in obvladovanju vnosa in širjenja invazivnih tujerodnih vrst in o odstranitvi orjaškega dežena*. Zavod Symbiosis, Nova vas. 19 str. [Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana]
- KUŠAR, D., A. VREZEC, M. OCEPEK & A. JENČIČ, 2013. *Aphanomyces astaci* in wild crayfish populations in Slovenia: first report of persistent infection in a stone crayfish *Austropotamobius torrentium* population. *Dis. Aquat. Org.* 103: 157–169.
- LIDOVA, J., M. BUŘIČ, A. KOUBA & J. VELISEK, 2019. Acute toxicity of two pyrethroid insecticides for five non-indigenous crayfish species in Europe. *Veterinární medicína* 64(3): 125–133.
- MAGUIRE, I., M. JELIĆ & G. KLOBUČAR, 2011. Update on the distribution of freshwater crayfish in Croatia. *Knowl. Manag. Aquat. Ecosyst.* 401(31): 1–10.
- MAGUIRE, I., M. JELIĆ, G. KLOBUČAR, M. DELPY, C. DELAUNAY & F. GRANDJEAN, 2016. Prevalence of the pathogen *Aphanomyces astaci* in freshwater crayfish populations in Croatia. *Dis. Aquat. Org.* 118: 45–53.
- MAGUIRE, I., G. KLOBUČAR, K. ŽGANEC, M. JELIĆ, A. LUCIĆ & S. HUDINA, 2018. Recent changes in distribution pattern of freshwater crayfish in Croatia – threats and perspectives. *Knowl. Manag. Aquatic Ecosyst.* 419(2): 1–12.
- MANFRIN, C., C. SOUTY-GROSSET, P. M. ANASTÁCIO, J. REYNOLDS & P. G. GIULIANINI, 2019. Detection and Control of Invasive Freshwater Crayfish: From Traditional to Innovative Methods. *Diversity Journal* 11(5): 1–16.
- MANFRIN, C., A. GIGLIO, L. PALLAVICINI, L. ZAMPA, L. VECCHIET, A. CAPUTI, C. CHIANDETTI, A. BEORCHIA, R. VIDIMARI & P. G. GIULIANINI, 2021. Medium-term feasibility of the management of the invasive crayfish *Procambarus clarkii* with the sterile males release technique. *Pest Management Science* 2021: <https://doi.org/10.1002/ps.6280>
- MARGUČ, D., L. MRZELJ, V. KUKOLJA, Ž. SANDA & R. HAMZIĆ, 2021. *Iztlavljanje invazivnega raka trnavca Faxonius limosus (Rafinesque, 1817) iz gramoznic ob reki Dravi pod jezom Markovci, Slovenija. Akcija A 1.2, Drugo letno poročilo 2020*. Projekt LIFE IP LIFE 17 IPE/SI/000011. Zavod za ribištvo Slovenije, Spodnje Gameljne. vii + 54 str.
- MRZELJ, L., V. PERNAT, M. PANJAN, V. KUKOLJA, & D. MARGUČ, 2019. *Priprava strokovnih podlag pri uveljavitvi ukrepov za odstranitev in obvladovanje vodnih invazivnih tujerodnih vrst. Poročilo o izvedenih aktivnostih v letu 2019*. Zavod za ribištvo Slovenije, Spodnje Gameljne. vi + 45 str. [Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana].
- MRZELJ, L., V. KUKOLJA, & D. MARGUČ, A. JENIČ, M. ČARF & R. HAMZIĆ, 2020a. *Iztlavljanje invazivnega raka trnavca Faxonius limosus na področju stare struge reke Drave pod jezom Markovci, Slovenija. Prvo letno poročilo 2019*. Akcija A.1.2. LIFE IP LIFE 17 IPE/SI/000011. Zavod za ribištvo Slovenije, Spodnje Gameljne. 64 str.
- MRZELJ, L., V. PERNAT, M. PANJAN, A. CELESTINA, M. JAMNIK, D. MARGUČ & V. KUKOLJA, 2020b. *Strokovne podlage za preprečevanje širjenja in vnosa invazivnih tujerodnih vrst: Podnebni sklad 2019*. Zavod za ribištvo Slovenije, Spodnje Gameljne. xvi + 211 str. + pril. [Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana].

- MUSIL, M., M. BUŘIČ, T. POLICAR, A. KOUBA & P. KOZÁK, 2010. Comparison of Diurnal and Nocturnal Activity Between Noble Crayfish (*Astacus astacus*) and Spinycheek Crayfish (*Orconectes limosus*). *Freshwater Crayfish* 17: 189–193.
- NUNES, A. L., 2019. *Information on measures and related costs in relation to species included on the Union list: Pacifastacus leniusculus, Faxonius (Orconectes) limosus, Faxonius (Orconectes) virilis, Procambarus clarkii, Procambarus fallax f. virginalis (Procambarus virginalis) [and Faxonius (Orconectes) rusticus]*. Technical note prepared by IUCN for the European Commission.
- O'REILLY, S., 2015. *Assessing the toxicity of biocides on the North American signal crayfish Pacifastacus leniusculus (Dana) to aid eradication*. MSc thesis, Scottish Centre for Ecology & the Natural Environment, Institute of Biodiversity, Animal Health and Comparative Medicine, College of Medicine, Veterinary and Life Sciences, University of Glasgow, Glasgow. xv + 156 str.
- PÂRVULESCU, L., M. PÎRVU, L. G. MOROȘAN & C. ZAHARIA, 2015. Plasticity in fecundity highlights the females' importance in the spiny-cheek crayfish invasion mechanism. *Zoology* 118(6): 424–432.
- PAVIĆ, D., M. ČANKOVIĆ, I. PETRIĆ, J. MAKONEN, S. HUDINA, I. MAGUIRE, T. VLADUŠIĆ, L. ŠVER, R. HRAŠČAN, K. ORLIĆ, P. DRAGIČEVIĆ & A. BIELEN, 2020. Non-destructive method for detecting *Aphanomyces astaci*, the causative agent of crayfish plague, on the individual level. *Journal of Invertebrate Pathology* 169 (2020): 107274.
- PEAY, S., 2009. Invasive non-indigenous crayfish species in Europe: recommendations on managing them. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 394–395: 3.
- PEAY, S., P. D. HILEY & I. MARTIN, 2006. Biocide treatment of ponds in Scotland to eradicate signal crayfish. *Bulletin de Français de Pêche et de la Pisciculture* 380-381: 1363–1379.
- PEAY, S., S. I. JOHNSEN, C. W. BEAN, A. M. DUNN, R. SANDODDEN & L. EDSMAN, 2019. Biocide Treatment of Invasive Signal Crayfish: Successes, Failures and Lessons Learned. *Diversity Journal* 11(29): 1–26 + Supplementary material Tables S1-S5.
- PODGORNIK, S., B. BRIC & R. HAMZIČ, 2017. *Strokovne podlage za program ukrepov za obvladovanje vodnih invazivnih tujerodnih vrst psevdorazbora (Pseudorasbora parva) signalni rak (Pacifastacus leniusculus) trnavec (Orconectes limosus)*. Zavod za ribištvo Slovenije, Spodnje Gameljne. 47 str. [Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana]
- RAČUNSKO SODIŠČE REPUBLIKE SLOVENIJE, 2019. *Revizijsko poročilo: Učinkovitost varstva pred invazivnimi tujerodnimi vrstami*. Računsko sodišče Republike Slovenije, Ljubljana. 66 str.
- ROBINSON C. V., T. M. U. WEBSTER, J. CABLE, J. JAMES & S. CONSUEGRA, 2018. Simultaneous detection of invasive signal crayfish, endangered white-clawed crayfish and the crayfish plague pathogen using environmental DNA. *Biological Conservation* 222: 241–252.
- ROZMAN, S., A. DOLENC & A. PAPEŽ KRISTANC, 2020. *Poti vnosa invazivnih tujerodnih vrst: Določitev prednostnih poti nenamernega vnosa in širjenja invazivnih tujerodnih vrst, ki zadevajo Unijo*. Zavod Republike Slovenije za varstvo narave, Ljubljana. 25 str. + pril.
- SANDODDEN, R., 2019. Eradication of invasive alien crayfish_past experiences and further possibilities. V: C.R. Veitch, M.N. Clout, A.R. Martin, J.C. Russell and C.J. West (ured.), *Island invasives: scaling up to meet the challenge*, str. 405–409. Occasional Paper SSC no. 62, IUCN, Gland.
- SANDODDEN, R. & S. I. JOHNSEN, 2010. Eradication of introduced signal crayfish *Pacifastacus leniusculus* using the pharmaceutical BETAMAX VET®. *Aquatic Invasions* 5(1): 75–81.
- SEMRAJC, B., 2018. *Priprava strokovnih podlag pri uveljavitvi ukrepov za odstranitev in obladovanje vodnih invazivnih tujerodnih vrst. Poročilo o izvedenih aktivnostih v letu 2018*. Zavod za ribištvo Slovenije, Spodnje Gameljne. 35 str. [Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana].
- SOUTY-GROSSET, C., D. M. HOLDICH, P. Y. NÖEL, J. D. REYNOLDS & P. HAUFFNER (ured.), 2006. *Atlas of Crayfish in Europe*. Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.

- STEBBING, P., M. LONGSHAWAND & A. SCOTT, 2014. Review of methods for the management of non-indigenous crayfish, with particular reference to Great Britain. *Ethology Ecology & Evolution* 26 (2-3): 204–231.
- SVOBODA, J., E. KOZUBÍKOVÁ-BALCAROVÁ, A. KOUBA, M. BUŘIČ, P. KOZÁK, J. DIÉGUEZ-URIBEONDO & A. PETRUSEK, 2013. Temporal dynamics of spore release of the crayfish plague pathogen from its natural host, American spiny-cheek crayfish (*Orconectes limosus*), evaluated by transmission experiments. *Parasitology* 140: 792–801.
- ŠULGAJ, A., 1937. *Naš potočni rak*. Zveza ribarskih društev Dravske Banovine. 87 str.
- VEENVLIET, P., 2006. Signalni raki so v Sloveniji. Kaj lahko storimo? *Ribič* 50(1-2): 983.
- VEJŘÍK, L., I. VEJŘÍKOVÁ, P. BLABOLIL, A. P. ELORANTA, L. KOČVARA, J. PETERKA, Z. SAJDLOVÁ, S. H. T. CHUNG, M. ŠMEJKAL, M. KILJUNEN & M. ČECH, 2017. European catfish (*Silurus glanis*) as a freshwater apex predator drives ecosystem via its diet adaptability. *Scientific Reports* 7: 15970: 1–15.
- VREZEC, A. & A. BRANCELJ, 2012. Tujerodne vrste rakov (Crustacea) celinskih voda v Sloveniji. V: Jogan, N., T. Bačič & S. Strgulc Krajšek (ured.), *Neobiota Slovenije: Invazivne tujerodne vrste v Sloveniji ter vpliv na ohranjanje biotske raznovrstnosti in trajnostno rabo virov* (končno poročilo), str. 182–190, CRP »Konkurenčnost Slovenije 2006–2013« (V1 – 1089), Univerza v Ljubljani, Ljubljana.
- VREZEC, A. & T. JAKLIČ, 2014. Potočni raki na Slovenskem. *Gea* 24 (3): 50–56.
- WELSH S. A. & Z. J. LOUGHMAN, 2015. Upstream dispersal of an invasive crayfish aided by a fish passage facility. *Management of Biological Invasions* 6(3): 287–294.
- UREDBA EU O PREPREČEVANJU IN OBVLADOVANJU VNOSA IN ŠIRJENJA INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST (Uredba EU št. 1143/2014 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 22. oktobra 2014, Uradni list Evropske unije, No. L 317/35)
- SEZNAM INVAZIVNIH TUJERODNIH VRST, KI ZADEVAJO UNIJO (Izvedbena Uredba Komisije (EU) 2016/1141 z dne 13. julija 2016 o sprejetju Seznama invazivnih tujerodnih vrst, ki zadevajo Unijo, v skladu z Uredbo (EU) št. 1143/2014 Evropskega parlamenta in Sveta, Uradni list Evropske unije, No. L 189/4,
- DIREKTIVA SVETA O OHRANJANJU PROSTO ŽIVEČIH VRST PTIC – DIREKTIVA O PTICAH (Council Directive 79/409/EEC on the Conservation of Wild Birds – »The Bird Directive«)
- DIREKTIVA O OHRANJANJU NARAVNIH HABITATOV TER PROSTO ŽIVEČIH ŽIVALSKIH IN RASTLINSKIH VRST (FFH Directive EU - The Council Directive 92/43 EEC on the Conservation of Natural Habitats and on Wild Fauna and Flora, Off. Journal of the EC, No.L.206/7)
- UREDBA O POSEBNIH VARSTVENIH OBMOČJIH (OBMOČJIH NATURA 2000) (Uradni list RS št. 49/2004, 110/2004, 59/2007, 43/2008, 8/2012, 33/2013, 35/2013-popr., 39/2013-odlUS, 3/2014)
- PRAVILNIK O UVRSITVI OGROŽENIH RASTLINSKIH IN ŽIVALSKIH VRST V RDEČI SEZNAM (Uradni list RS, št. 82/2002, 42/2010).
- UREDBA O ZAVAROVANIH PROSTO ŽIVEČIH ŽIVALSKIH VRSTAH (Uradni list RS, št. 46/2004, 109/2004,84/2005, 115/2007, 96/2008, 36/2009, 102/2011, 15/2014, 64/2016 in 62/2019)
- PROGRAM UPRAVLJANJA OBMOČIJ NATURA 2000 (2015–2020) (sprejet na 30. seji Vlade, dne 9.4.2015, popravek na 38. seji Vlade RS z dne 28. maja 2015 ter 24. 03. 2016)