

Raziskava razširjenosti signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*) v letu 2018

Končno poročilo



Miklavž na Dravskem polju
november 2018

Projekt: Vzpostavitev in izvajanje monitoringa populacij izbranih ciljnih vrst rakov v letih 2018, 2019 in 2020

Raziskava razširjenosti signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*) v letu 2018

Končno poročilo

Naročnik:

**Ministrstvo za okolje in prostor
Dunajska 48
SI-1000 Ljubljana**

Spremljevalec naloge:

dr. Peter Skoberne

Izvajalec:



**Center za kartografijo favne in flore
Antoličičeva 1
SI-2204 Miklavž na Dravskem polju**

Vodja projekta:

Marijan Govedič, univ. dipl. biol.

Datum:
2. 11. 2018

Center za kartografijo favne in flore

Direktor
Marijan Govedič

SEZNAM DELOVNE SKUPINE

Center za kartografijo favne in flore

Antoličičeva 1, SI-2204 Miklavž na Dravskem polju

Marijan Govedič, univ. dipl. biol. – vodja projekta, terensko delo, poročilo

Ali Šalamun, univ. dipl. biol. – kartografija, digitalizacija podatkov

Nacionalni inštitut za biologijo

Večna pot 111, 1000 Ljubljana

Dr. Al Vrezec, univ. dipl. biol. – poročilo

Špela Ambrožič Ergaver, prof. biol. – terensko delo

Stiven Kocijančič, mag. ekol. biod. – terensko delo

Andrej Kapla – terensko delo

Priporočen način citiranja:

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].

Sestavni del poročila so digitalni podatki.

KAZALO

KAZALO SLIK	3
KAZALO TABEL	3
1. UVOD	4
1.1 Pregled tujerodnih vrst rakov v Sloveniji	5
1.1.1 Signalni rak (<i>Pacifastacus leniusculus</i>)	5
1.1.2 Ozkoškarjevec (<i>Astacus leptodactylus</i>)	5
1.1.3 Trnavec (<i>Orconectes limosus</i>)	6
1.1.4 Močvirski škarjar (<i>Procambarus clarkii</i>)	6
1.1.5 Marmornati škarjar (<i>Procambarus fallax</i>)	7
1.1.6 Rdečeškarjevec (<i>Cherax quadricarinatus</i>)	7
2. METODE DELA	9
3. REZULTATI	11
4. PREDLOG UKREPOV IN ZASNOVA MONITORINGA	16
5. VIRI IN LITERATURA	19

KAZALO SLIK

Slika 1: Signalni rak (<i>Pacifastacus leniusculus</i>) (foto: levo Slavko Prijatelj, desno Marijan Govedič)	4
Slika 2: V Sloveniji pojavljajoče se tujerodne vrste potočnih rakov: A. signalni rak (<i>Pacifastacus leniusculus</i>), B. ozkoškarjevec (<i>Astacus leptodactylus</i>), C. trnavec (<i>Orconectes limosus</i>), D. močvirski škarjar (<i>Procambarus clarkii</i>), E. marmornati škarjar (<i>Procambarus fallax</i>), F. rdečeškarjevec (<i>Cherax quadricarinatus</i>). (foto: Andrej Kapla)	8
Slika 3: Mesta vzorčenja signalnega raka (<i>Pacifastacus leniusculus</i>) v letu 2018.	10
Slika 4: Najdbe signalnega raka (<i>Pacifastacus leniusculus</i>) na izbranih lokacijah monitoringa signalnega raka v letu 2018.	12
Slika 5: S kamnometi utrjene brežine reke Drave nudijo številna skrivališča signalnim rakom (<i>Pacifastacus leniusculus</i>). (foto: Marijan Govedič)	12
Slika 6: Kamnita zložba na Ptujskem jezeru signalnemu raku (<i>Pacifastacus leniusculus</i>) še posebej odgovarja. (foto: Marijan Govedič)	13
Slika 7: Najdbe jelševca (<i>Astacus astacus</i>) na izbranih lokacijah monitoringa signalnega raka v letu 2018.	13

KAZALO TABEL

Tabela 1: Rezultati popisa signalnega raka (<i>Pacifastacus leniusculus</i>) v letu 2018.	14
Tabela 2: Frekvenca ponovitev in obseg monitoringa signalnega raka (<i>Pacifastacus leniusculus</i>) v Sloveniji za obdobje naslednjih šest let.	17

1. UVOD

V Sloveniji so bile registrirane štiri vrste potočnih rakov vezanih na *Uredbo (EU) št. 1143/2014 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 22. oktobra 2014 o preprečevanju in obvladovanju vnosa in širjenja invazivnih tujerodnih vrst*. Tri, močvirski škarjar (*Procambarus clarkii*), trnavec (*Orconectes limosus*) in marmornati škarjar (*Procambarus fallax* f. *virginalis*), so bile zaznane v zadnjih treh letih, signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*) pa je prišel iz sosednje Avstrije kmalu po letu 2000. Za te vrste na območju Evropske unije od avgusta 2016 veljajo najstrožji ukrepi: prepoved trgovanja, izmenjave, gojenja in izpuščanja v okolje. Poleg tega sta od tujerodnih vrst potočnih rakov v Sloveniji prisotna še rdečekarjevec (*Cherax quadricarinatus*) s sicer omejeno razširjenostjo in kot tropska vrsta z nizkim potencialom širjenja (Jaklič & Vrezec 2011) ter ozkoškarjevec (*Astacus leptodactylus*) (Govedič & Miličič 2018).

V Sloveniji je bil signalni rak prvič zabeležen leta 2003 v reki Muri. Kolonizacija reke Mure s to vrsto še naprej na Hrvaško je ena najhitrejših registriranih (Hudina in sod. 2009). Pri Ceršaku je bil najden tudi v manjših pritokih (Govedič in sod. 2011).

Leta 2007 je bil signalni rak najden tudi v reki Dravi pri Dravogradu. 60 km dolg odsek reke Drave do Maribora je poselil v nekaj letih. Točna dinamika poselitve ni znana. V pritokih reke Drave na Pohorju ali Kozjaku zaenkrat še ni bil najden (Govedič in sod. 2015).

Razširjenost signalnega raka drugod po Sloveniji, predvsem v vzhodni Sloveniji, zaenkrat ni znana. Poleg naravnega širjenja so namreč, glede na zadnje registrirane izpuste tujerodnih vrst rakov in primeru uspešnega ilegalnega prenosa signalnega raka v reko Korano na Hrvaškem (Kozák in sod. 2015), potencialno nevarni tudi antropogeni prenosi. Zato smo v skladu s projektno nalogo terenske raziskave signalnega raka opravili v vzhodni Sloveniji.



Slika 1: Signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*) (foto: levo Slavko Prijatelj, desno Marijan Govedič).

1.1 Pregled tujerodnih vrst rakov v Sloveniji

V Sloveniji je bilo do sedaj v prosti naravi registriranih že kar šest vrst tujerodnih oziroma vnesenih vrst potočnih rakov, od katerih so bile vzpostavljene populacije odkrite pri treh, le ena vrsta, signalni rak, pa ima dejansko invazijsko populacijo. Podajamo pregled vseh vrst, ki pa glede na stanje v Evropi niso edine, ki jih pri nas lahko pričakujemo (Jussila in sod. 2015, Kozák in sod. 2015).

1.1.1 Signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*)

Značilnosti: Velik potočni rak, ki zraste do 16 cm, z robustnimi škarjami, na sredini katerih je značilna svetla pika (slika 2A). Škarje so na spodnji strani rdečkaste. Sicer je celotna površina raka vključno s škarjami na videz gladka, kar ga zanesljivo loči od podobnega jelševca (*Astacus astacus*).

Razširjenost: Naravno živi ob zahodni obali Severne Amerike od Kalifornije do Kanade. V Evropo so ga prinesli leta 1959, sprva na Švedsko, da bi nadomestili izgubljene populacije jelševca po epidemiji račje kuge. Kasneje so ga prinesli še večkrat v druge dele Evrope. Evropske vode so se zanj izkazale za ugodne, zato se danes signalni rak bliskovito širi po starem kontinentu od severne do južne Evrope. V Sloveniji je bil prvič odkrit leta 2003 v reki Muri, leta 2007 pa še v Dravi.

Življenjski prostor in način življenja: Pri nas signalni rak zaenkrat naseljuje le velike reke, čeprav ob reki Muri že prodira v stranske vodotoke, ki jih sicer poseljujeja jelševci in koščak (*Austropotramobius torrentium*). Vrsta se še vedno širi, v naseljenih vodotokih pa živi v zelo velikem številu. V bregove rek koplje številne račine, kar postaja v nekaterih evropskih državah že resen problem zaradi sesedanja brežin. Sicer pa živi tako v velikih kot majhnih vodotokih in tudi v jezerih. Čeprav ima raje hladne vode, se dobro razvija tudi v toplejših, ne moti pa ga celo brakična voda. Ob nižjih koncentracijah kisika zleze celo iz vode in diha zračni kisik.

Ogrožanje domorodnih ekosistemov: Signalni rak je odporen na povzročitelja račje kuge (2 seva PsI in PsII; Huang in sod. 1994) zato je njegov učinkovit prenašalec. Zadnje raziskave v Sloveniji so pokazale, da so tudi potočni raki v reki Muri okuženi s povzročiteljem račje kuge (Kušar in sod. 2013), zato so novi izbruhi kuge z množičnimi pogini domorodnih vrst, zlasti jelševcev, pričakovani v vseh pritokih reke Mure. Poleg tega gre za močnega tekmeca domorodnim vrstam, zlasti jelševcu. Glede hrane ni izbirljiv in požre vse kar najde, tudi druge rake, učinkovit pa je tudi pri redčenju vodnega rastlinja.

1.1.2 Ozkoškarjevec (*Astacus leptodactylus*)

Značilnosti: Velik rak, podoben jelševcu, ki doseže tudi do 20 cm. Najbolj značilne zanj so dolge ozke škarje, oklep pa je navadno posut z drobnimi trni (slika 2B). Od jelševca ga lahko ločujemo tudi po svetli spodnji strani škarij. Novejše genetske raziskave kažejo, da je v ozkoškarjstvu skritih celo več različnih vrst.

Razširjenost: Območje razširjenosti ozkoškarjevca se iz Evrope razteza še v Azijo. Naravne ali naseljene populacije poseljujejo tudi vse Sloveniji sosednje države, pri nas pa je zaenkrat znan iz mrtvice Savinje pri Laškem (Govedič & Miličič 2018). Najbližje Sloveniji živi še v reki Kolpi in Savi na Hrvaškem, zato je v teh dveh rekah vrsta pričakovana tudi pri nas. Poleg tega gre za vrsto, ki je redno na ribarniškem trgu, predvsem gre za osebke iz Armenije in Turčije, zato so znani izpusti vrste v prosto naravo tudi v Sloveniji.

Življenjski prostor: Poseljuje tako reke kot jezera, živi pa tudi v brakičnih vodah ob morju. Neobčutljiv je na temperature vode, nizko koncentracijo kisika in povišano slanost.

Ogrožanje domorodnih ekosistemov: Polega naravnega širjenja iz domorodnih hrvaških populacij, je zaradi izpustov ozkoškarjevca pri nas pričakovati tudi kot naseljeno tujerodno vrsto. Žive ozkoškarjevce je mogoče kupiti v ribarnicah, kar predstavlja resno nevarnost vnosa te vrste v naravno okolje, zlasti v okolici velikih mest. Iz tujine so znani primeri tekmovalnega izrivanja sicer bližnje sorodnega jelševca, s katerim se lahko tudi križa. Ozkoškarjevec je do neke mere tudi odporen na As seve račje kuge (Pârvulescu in sod. 2012).

1.1.3 Trnavec (*Orconectes limosus*)

Značilnosti: Manjši rak (do 12 cm) ameriške družine Cambaridae. Značilni zanj so trni od straneh glave, konci škarij pa so značilno svetlo navadno oranžno obarvani (slika 2C).

Razširjenost: Vrsta naravno živi na zahodni obali ZDA, tujerodna populacija v Evropi je bila naseljena že leta 1890 in danes sklenjeno poseljuje zahodno in srednjo Evropo ter se hitro širi na vzhod in jugovzhod. Poznan je tudi z vseh Sloveniji sosednjih držav. Močna populacija se iz Donave širi po reki Dravi proti Sloveniji z ocenjeno hitrostjo širjenja 2,5 km na leto (Hudina in sod. 2009), kar pomeni, da smo ga v Sloveniji pričakovali v 100 letih. Vendar je bil pri nas odkrit leta 2015 v opuščeni gramoznici ob reki Dravi pri Ptujju, kamor je bil zagotovo namerno vnešen (Govedič 2017). Invazije pa niso izključene tudi po vodotokih iz Italije in Avstrije.

Življenjski prostor: Trnavec se širi vzdolž velikih rek, vendar mu ustrezajo zelo različne oblike nižinskih vodnih teles, od tekočih do stoječih. Preživi tudi v občasno presahljih vodah, prenaša pa tudi povišano slanost in poslabšane življenjske razmere. Je vsejed, še posebej pomembne v njegovi prehrani pa so vodne rastline in ribje ikre.

Ogrožanje domorodnih ekosistemov: Gre za enega najpomembnejših prenašalcev račje kuge v Evropi s samosvojem sevom Or (Kozubiková in sod. 2011), zato so marsikje populacije domorodnih evropskih vrst potočnih rakov pred izumrtjem. Zaradi velikega razmnoževalnega potenciala ter relativne kratkoživosti vrste, dočaka do 4 leta, je omejevanje populacije zelo zahtevno. Zgodnje odkrivanje na terenu je zato ključno!

1.1.4 Močvirski škarjar (*Procambarus clarkii*)

Značilnosti: Srednje velik (do 15 cm) rdečkast rak s trnastimi škarjami in oklepom. Značilno zanj je, da se loka pod vratno brazdo stikata, kar ga najbolje loči od drugih rakov (slika 2D). Vrsta sicer sodi v zelo raznoliko in pretežno ameriško družino Cambaridae.

Razširjenost: Naravno poseljuje južni del Severne Amerike in Srednjo Ameriko. V Evropo so ga ilegalno prinesli v Španijo leta 1973, od koder se je hitro razširil po južni in srednji Evropi. Zaradi visokega razmnoževalnega potenciala in velike ekološke prilagodljivosti se širi zelo hitro in sodi med 100 najbolj invazivnih in nevarnih tujerodnih vrst v Evropi. V Sloveniji je bil zabeležen izpust v prosto naravo leta 2018, nam najbližje pa živi v Avstriji in Italiji. V Italiji se je v zadnjem času zelo hitro razširil in je že dosegel slovensko mejo, zato ga v kratkem pričakujemo tudi pri nas, zlasti v Soči in Vipavi.

Življenjski prostor: Živi v zelo raznolikih vodnih okoljih, od rek, jezer do močvirij in občasno presahljih vodnih teles. Ustreza mu toplejša voda. Koplje lahko do dva metra dolge rove. V invazivnih populacijah je vrsta navadno množična, kar ima za posledico veliko ekonomsko škodo zaradi sesedanja brežin.

Ogrožanje domorodnih ekosistemov: Gre za zelo agresivno vrsto z velikim vplivom na vodne ekosisteme, saj se ob invazijah močno zmanjša biotska pestrost voda. Po podatkih iz Evrope se je ob naselitvi močvirskega škarjarja biotska pestrost vodnih žuželk znižala za 71 %, dvoživk za 83 % in vodnih ptic za 52 %, vodno rastlinje pa je iz teh vodotokov skoraj izginilo. V Italiji je zaradi širjenja močvirskega škarjarja izumrla endemična podvrsta povodnega krešiča (*Carabus clatratu antonellii*), velik vpliv pa se kaže tudi na italijanskem koščencu (*Austropotamobius italicus*). Močvirski škarjar namreč ni le uspešen tekmeč domorodnim potočnim rakom, pač pa je tudi eden najpomembnejših prenašalcev račje kuge s koevoluiranim sevom Pc (Diéguez-Uribeondo in sod. 1995). Zgodnje odkrivanje in sporočanje o najdbi te vrste v prosti naravi v Sloveniji je kritičnega pomena, saj je le z dovolj zgodnjim ukrepanjem mogoče zajezi širjenje vrste pri nas!

1.1.5 Marmornati škarjar (*Procambarus fallax*)

Značilnosti: Majhen (do 15 cm) marmoriran rak s trnastimi škarjami (slika 2E). Vrsta sicer sodi v družino Cambaridae.

Razširjenost: Naravno poseljuje jugovzhodni del Severne Amerike, vendar pa je oblika *virginalis* v laboratoriju vzgojena oblika, verjetno za akvaristične potrebe, ki je partenogenetska, zato v populaciji ni prisotnih samcev. Mramorni škarjar je prišel v Evropo kot akvarijska žival (Scholtz in sod. 2003, Holdich in sod. 2009). Prva dokumentirana populacija v prosti naravi je bila odkrita v Nemčiji leta 2003 (Marten in sod. 2004) in od takrat so poročali o razpršenih in majhnih populacijah na Nizozemskem, v Italiji in na Slovaškem (Soes & van Eekelen 2006, Marzano in sod. 2009, Chucholl in sod. 2012). Vrsto so našli tudi na Švedskem, vendar se zdi, da tam populacija ni bila vzpostavljena (Bohman in sod. 2013). Dejansko je bilo v Evropi zabeleženih najmanj 25 neodvisnih vnosov, verjetnost širjenja te vrste pa je zelo visoka. Iz Slovenije je do sedaj znan le en izpust v naravo (Bric & Hamzič 2017a).

Življenjski prostor: Raznolika vodna okolja.

Ogrožanje domorodnih ekosistemov: Marmornati rak ima zaradi svojega partenogenetskega načina razmnoževanja velike možnosti širjenja in vzpostavljanja populacije že pri majhnem številu vnesenih osebkov v okolje (Chucholl 2014). Zaradi tega je nujno, da se omeji širjenje in prepove nadaljnji vnos prek prodaje v akvarijskih trgovinah (Chucholl 2014). Mramorni škarjar je lahko nosilec račje kuge (Scholtz in sod. 2003, Holdich in sod. 2009), proti kateri so sicer odporni (Jussila in sod. 2015).

1.1.6 Rdečeškarjevec (*Cherax quadricarinatus*)

Značilnosti: Nezamenljiv s katero koli drugo vrsto potočnega raka pri nas. Je več kot dvakrat večji od vseh ostalih vrst, saj zraste v dolžino do 35 cm in lahko doseže prek pol kilograma. Gre za žival eksotičnega videza z dolgimi vitkimi škarjami, dolgimi tipalkami, ki so daljše od telesa in modrikaste barve (slika 2F). Samci imajo na škarjah značilne rdeče lise, samice pa so brez njih.

Razširjenost: Rdečeškarjevec je tropska vrsta, ki naravno poseljuje severno Avstralijo in Papuo Novo Gvinejo. Po svetu so ga raznesli zaradi velikosti in hitre rasti kot primerne za gojenje, zaradi izjemnega videza pa tudi kot akvarijsko žival. Tujerodne populacije so znane predvsem v tropskih krajih. Edina do sedaj znana prostoživeča populacija v zmernih klimatih pa je bila odkrita v Sloveniji leta 2009 v termalni mrtvici Topla pri Čatežu, kamor je bil namerno vnesen (Jaklič & Vrezec 2011).

Življenjski prostor in način življenja: Kot tropska vrsta potrebuje za preživetje vodo z najnižjo temperaturo do 15°C, čeprav za krajši čas preživi tudi temperature tja do 4°C. Razmnožuje se lahko po večkrat na leto, vendar le pri temperaturah nad 23°C. Sicer pa je dokaj neobčutljiv na nižje

koncentracije kisika v vodi, nova vodna telesa pa lahko osvaja tudi po kopnem. Je dokaj agresiven rak, z dolgimi klešči pa tudi zelo okreten.

Ogrožanje domorodnih ekosistemov: Ker je rdečeskarjavec tropska vrsta, ga po Evropi obravnavajo kot potencialno neinvazivno vrsto brez možnosti preživetja v prosti naravi. Kot kaže slovenski primer, pa se vsaj v lokalno ugodnih okoljih rdečeskarjavec lahko obdrži in razvije številčno populacijo. Rdečeskarjevci izven mrtvice Topla do sedaj še niso bili najdeni, kar pa v prihodnosti ni izključeno. Rdečeskarjavec sodi med vrste občutljive na račjo kugo.



Slika 2: V Sloveniji pojavljajoče se tujerodne vrste potočnih rakov: A. signalni rak (*Pacifastacus leniusculus*), B. ozkoškarjavec (*Astacus leptodactylus*), C. trnavec (*Orconectes limosus*), D. močvirski škarjar (*Procambarus clarkii*), E. marmornati škarjar (*Procambarus fallax*), F. rdečeskarjavec (*Cherax quadricarinatus*). (foto: Andrej Kapla)

2. METODE DELA

Območja raziskave razširjenosti so bila določena v projektni nalogi. Vzorčenje je bilo predvideno na naslednjih območjih:

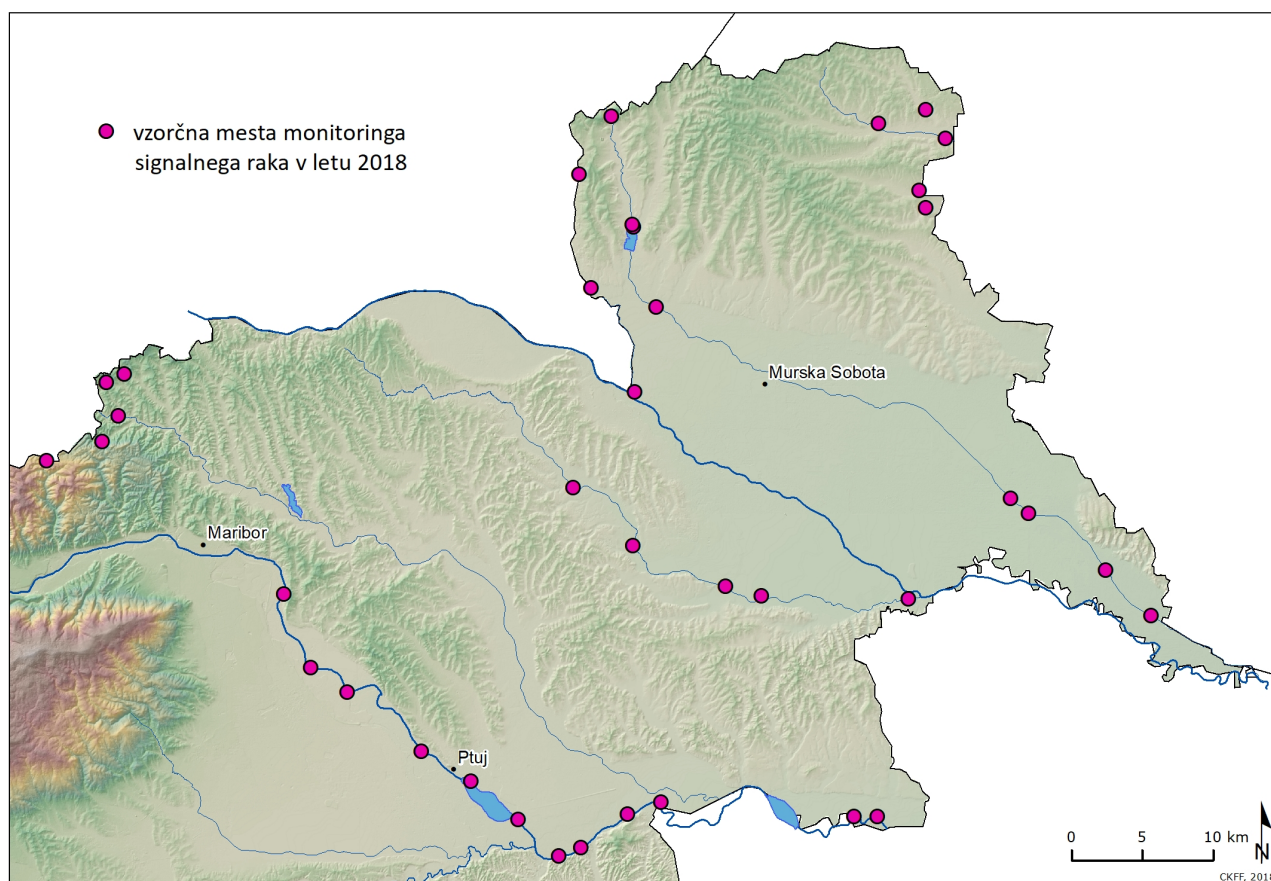
- Goričko: Krka, Ledava, Velika Krka, Mala Krka,
- pritoki Mure: Ščavnica, Ledava s Črncem,
- Kozjak in Slovenske gorice: Bistrica na Kozjaku, Radečki potok, Pesnica,
- reka Drava od Maribora do Središča ob Dravi.

V projektni nalogi je bila zahtevana tudi metoda vzorčenja z vršami, ki je povzeta po Govedič in sod. (2015). Metoda vzorčenja z vršami zahteva najmanj dva obiska vsake lokacije. 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 v potoku vedno razporedimo približno enakomerno, na vsakih 10 do 20 m, tako da je v idealnih razmerah odsek s šestimi vršami dolg približno 100 m. V manjših potokih so razdalje med vršami navadno večje, saj so dovolj globoki tolmoni lahko med seboj oddaljeni več kot 20 m, skupna lovna razdalja pa je tako tudi 200 m. V primeru, da se globlji odsek potoka razteza več kot 20 m, se v njega namesti le ena vrša, naslednjo vršo pa se namesti v naslednji globlji del potoka, ki ga od tega odseka loči plitvina. V takšnih daljših odsekih vrše vedno namestimo v zgornjo (gorvodno) tretjino globljih odsekov, saj domnevamo, da večina rakov pride do vrše proti toku, ki odplavlja vonj vabe. Za vabo uporabljamo sveža goveja ali svinjska jetra. Predviden način vzorčenja velja za potoke in manjše reke, v katerih lahko vrše nastavljamo v sredini struge in ob obeh bregovih.

V večjih rekah poteka vzorčenje z vršami le na enem bregu. Iz preteklih izkušenj z lovom signalnih rakov na reki Muri ter reki Dravi med Dravogradom in Mariborom smo spoznali, da so največje gostote signalnih rakov v kamnometih. Zato smo tudi v Dravi med Mariborom in Središčem ob Dravi poiskali vsaj 100 m dolge odseke kamnometov ter ob njih nastavili vrše. Tako smo verjetnost zaznave vrste povečali bolj, kot če bi vrše nastavljali naključno po rečnih odsekih.

Na mejnih vodah smo vrše nastavili čim bližje državni meji. Točna mesta vzorčenj smo izbrali glede na obstoječe podatke o vzorčenju potočnih rakov iz različnih predhodnih projektov. V primeru, da bi signalne rake našli na lokacijah, kjer jih v preteklosti ni bilo, bi tako dobili precej natančno informacijo, v katerem časovnem obdobju v preteklosti so se tu naselili. Za navzkrižno dopolnjevanje rezultatov različnih monitoringov smo vzorčna mesta na Goričkem razporedili tudi glede na znane najdbe raka jelševca (npr. Zavrtnik & Gregorc 2017). Tudi na Kozjaku smo vzorčili na lokacijah, ki so bile že obiskane med leti 2005 in 2011 (Govedič in sod. 2007, 2011), a kasneje niso bile vključene v načrt rednega monitoringa koščaka. Rezultati monitoringa signalnega raka tako dopolnjujejo tudi poznavanje stanja domorodnih vrst potočnih rakov.

Vse ujete rake smo izmerili in jim določili spol. Popisali in prešteli smo tudi druge živali, ki so se ujele v vrše. Domorodne vrste smo izpustili, v skladu s projektno nalogo pa tujerodnih vrst nismo vrnili v naravo.



Slika 3: Mesta vzorčenja signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*) v letu 2018.

3. REZULTATI

Reka Drava od Maribora do Središča ob Dravi

Reko Dravo so signalni raki kolonizirali že vse do Ptujja (slika 4). Ulovili smo jih na vseh petih vzorčnih mestih med Mariborom in Ptujem v povprečni gostoti 9,6 rakov/5 lovnih noči (tabela 1). Ulovili smo jih tudi v Ptujskem jezeru pri Ranci. Nizvodno proti Ormožu jih nismo ujeli, tudi v kamnometu 300 m pod jezom v Markovcih ne. V odseku med Mariborom in Ptujem je bil signalni rak najden leta 2016 pri Staršah v projektu *Invazivke nikoli ne počivajo* (nosilec Herpetološko društvo Slovenije – *Societas herpetologica slovenica*), prav tako so za ta odsek navedbe v Ribiškem katastru (Bric & Hamzič 2017b). Na razširjanje rakov v reki Dravi so verjetno vplivale tudi jesenske poplave leta 2012 – plavljenje rakov je bilo takrat tako veliko, da so pri Zrkovcih našli posamezne rake celo na poljih (M. Premzl, osebno). Signalne rake smo pričakovano v vrše ulovili v kamnometih (slika 5). Na Ptujskem jezeru so pred leti uredili pomol iz kamnite zložbe, v kateri signalni raki najdejo primerna skrivališča (slika 6).

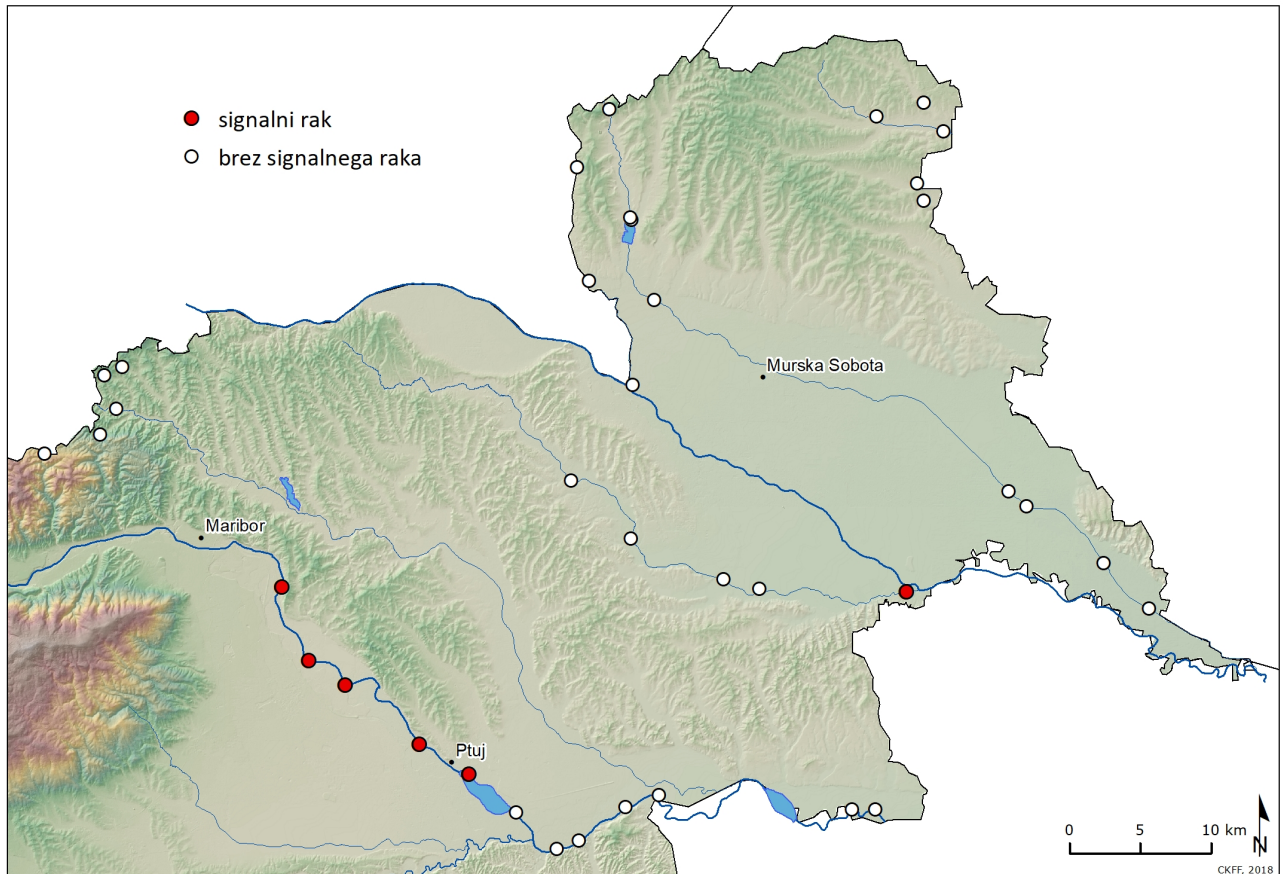
Pritoki Mure: Ščavnica, Ledava s Črncem

V reki Ščavnici smo vrše razporedili po celotni reki, eno lovno mesto pa je bilo tudi v Gajševskem jezeru pri iztoku. Pred izlivom v reko Muro smo ulovili signalne rake, pri Ivanjcih pa jelševca (sliki 4, 7).

Signalnega raka nismo ujeli v potoku Kučnica, tudi ne 500 m pred izlivom v reko Muro. Tam smo z vršami vzorčili že v preteklosti, a ga nismo ujeli. Leta 2015 pa je bil ujet že 3 km gorvodno od izliva v Muro, pod mostom v Gederovcih v okviru vzorčenja ARSO.

Na drugih lokacijah, **na Goričkem (Krka, Ledava, Velika Krka, Mala Krka)** ter **na Kozjaku in v Slovenskih goricah (Bistrica na Kozjaku, Radečki potok, Pesnica)**, signalnega raka nismo ujeli.

Glede na razporeditev vzorčnih mest (Goričko, Kozjak) smo na več lokacijah pričakovano ujeli jelševca (*Astacus astacus*) (slika 7, tabela 1), na dveh lokaciji pa tudi koščaka (*Austropotamobius torrentium*) (tabela 1). Na nekaterih lokacijah so bili jelševci v visokih gostotah (tabela 1).



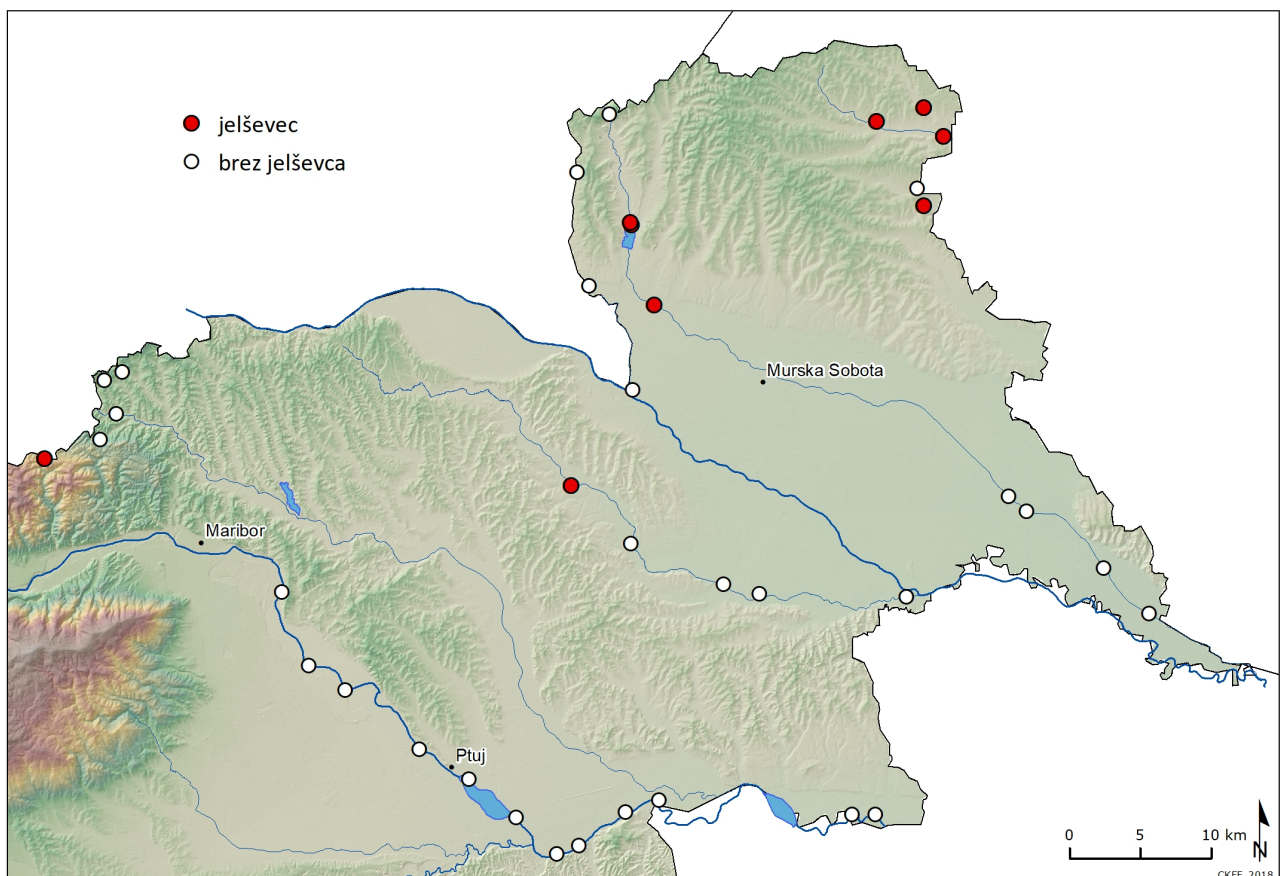
Slika 4: Najdbe signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*) na izbranih lokacijah monitoringa signalnega raka v letu 2018.



Slika 5: S kamnometi utrjene brežine reke Drave nudijo številna skrivališča signalnim rakov (*Pacifastacus leniusculus*). (foto: Marijan Govedič)



Slika 6: Kamnita zložba na Ptujskem jezeru signalnemu raku (*Pacifastacus leniusculus*) še posebej odgovarja. (foto: Marijan Govedič)



Slika 7: Najdbe jelševca (*Astacus astacus*) na izbranih lokacijah monitoringa signalnega raka v letu 2018.

Tabela 1: Rezultati popisa signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*) v letu 2018.

Lok_id	Vzorčno mesto	Datum	Signalni rak		Jelševce		Koščak	
			št.	pop. gostota (št. rakov/5 lovnih noči)	št.	pop. gostota (št. rakov/5 lovnih noči)	št.	pop. gostota (št. rakov/5 lovnih noči)
7802	Reka Ledava 400 m S od Ledavskega jezera	7.9.2018	0	0,0	1	0,8	0	0,0
9986	Dolenski Potok-iztok akumulacije Hodoš - 500 m J	7.9.2018	0	0,0	80	66,7	0	0,0
9993	Reka Velika Krka pod mostom v zaselku Mali Krplivnik	7.9.2018	0	0,0	5	4,2	0	0,0
23566	Reka Ledava pri mostu 600 m S od Spodnjih Strukovcev	7.9.2018	0	0,0	46	38,3	0	0,0
33336	Reka Velika Krka V od Šalovcev 280 m V od kmetije Pančič	7.9.2018	0	0,0	62	51,7	0	0,0
35099	Potok Curek 150 m V od ceste Središče - Prosenjakovci	7.9.2018	0	0,0	18	15,0	0	0,0
53227	Potok Bistrica 420 m SV od Ropičevega mlina	3.10.2018	0	0,0	1	0,8	7	5,8
61454	Reka Ščavnica 200 m V od mosta pri Ivanjcih	3.10.2018	0	0,0	1	0,8	0	0,0
61632	Potoka Lukaj 150 m pred izlivom v reko Ledavo pred Ledavskim jezerom	7.9.2018	0	0,0	1	0,8	0	0,0
51986	Slatinski potok 400 m SZ od domačije Kašovec	3.10.2018	0	0,0	0	0,0	2	1,7
74612	Reka Pesnica nad mostom J od zaselka Jurij	3.10.2018	0	0,0	0	0,0	0	0,0
51987	Jedlovniški potok 170 m JV od domačije Gaube	3.10.2018	0	0,0	0	0,0	0	0,0
26964	Reka Drava med Loko in Rošnjo, pri levem rokavu	17.10.2018	21	17,5	0	0,0	0	0,0
33819	Reka Drava - levi breg J od Trčove	17.10.2018	10	8,3	0	0,0	0	0,0
61437	Reka Ščavnica 1 km pred izlivom v reko Muro	3.10.2018	18	15,0	0	0,0	0	0,0
63814	Reka Drava med jezbicami 500 m V od Starš	17.10.2018	2	1,7	0	0,0	0	0,0
74596	Ptujsko jezero pri Ranci	17.10.2018	10	8,3	0	0,0	0	0,0
74597	Desni breg reke Drave 1,4 km gorvodno od sotočja s kanalom	17.10.2018	15	12,5	0	0,0	0	0,0
33886	Reka Drava JV od Gajevcev 300 m V od lovskega doma	31.8.2018	0	0,0	0	0,0	0	0,0
60359	Reka Ščavnica 520 m SV od domačije Pintarič	3.10.2018	0	0,0	0	0,0	0	0,0
17160	Potok Črnc pred izlivom v reko Ledavo	5.9.2018	0	0,0	0	0,0	0	0,0
33533	Reka Drava J od Središča ob Dravi	15.8.2018	0	0,0	0	0,0	0	0,0

Lok_id	Vzorčno mesto	Datum	Signalni rak		Jelšavec		Koščak	
			št.	pop. gostota (št. rakov/5 lovnih noči)	št.	pop. gostota (št. rakov/5 lovnih noči)	št.	pop. gostota (št. rakov/5 lovnih noči)
33762	Reka Drava - majhen zaliv na levem bregu SZ od Gradišča	31.8.2018	0	0,0	0	0,0	0	0,0
33785	Mala Krka pod mostom 300 m pred državno mejo	7.9.2018	0	0,0	0	0,0	0	0,0
74338	Reka Drava 350 m pred državno mejo J od vasi Cvetkovci	31.8.2018	0	0,0	0	0,0	0	0,0
74340	Reka Drava ob levem bregu 100 m nizvodno od praga pod jezom pri vasi Markovci	31.8.2018	0	0,0	0	0,0	0	0,0
12136	Potok Kučnica 500 m pred izlivom v reko Muro	5.9.2018	0	0,0	0	0,0	0	0,0
34985	Reka Ledava 300 m S od Sotinskega kamnoloma	5.9.2018	0	0,0	0	0,0	0	0,0
60869	Reka Ledava pri mostu v Polanskem logu	5.9.2018	0	0,0	0	0,0	0	0,0
61452	Potok Kučnica 680 m JZ od zaselka Kramarovski Breg	5.9.2018	0	0,0	0	0,0	0	0,0
74611	Potok Kučnica 300 m nizvodno od mosta pri nekdanji karavli pri Korovcih	5.9.2018	0	0,0	0	0,0	0	0,0
33519	Reka Drava J od Polskega - S globok del (vrh obrške bure)	15.8.2018	0	0,0	0	0,0	0	0,0
53755	Potok Radečki potok 130 m J od domačije Jarc	3.10.2018	0	0,0	0	0,0	0	0,0
61451	Reka Ledava na Z robu Murske šume	5.9.2018	0	0,0	0	0,0	0	0,0
61635	Gajševsko jezero pri iztoku	3.10.2018	0	0,0	0	0,0	0	0,0
62617	Reka Ščavnica 700 m V od mosta pri vasi Cezanjecih	3.10.2018	0	0,0	0	0,0	0	0,0
74339	Reka Drava 750 m gorvodno od mostu pri gradu Borl	31.8.2018	0	0,0	0	0,0	0	0,0
74608	Reka Ledava 1,6 km nizvodno od mosta v Polanskem logu	5.9.2018	0	0,0	0	0,0	0	0,0

4. PREDLOG UKREPOV IN ZASNOVA MONITORINGA

V monitoringu leta 2007 (Govedič in sod. 2007) smo zapisali »Zavedati se moramo, da se kolonizaciji tujerodnih vrst rakov zelo verjetno ne bomo mogli izogniti, lahko pa jo upočasnimo in omejimo«. Vendar pa takrat nismo pričakovali, da bomo že v naslednjih desetih letih v Sloveniji imeli raka trnavca in ozkoškarjevca, zabeležen izpust močvirskega škarjarja in morebitni izpust marmornatega škarjarja (Bric & Hamzič 2017a). Še tako gosta mreža ciljnega monitoringa teh vrst ne bi hitro zaznala. Trnavec je bil najden po naključju, ozkoškarjevec pa v projektu *Ujemite naravo!* (nosilec Ribiška zveza Slovenije). Zastavljen monitoring tujerodnih vrst mora biti zato usmerjen v zgodnje odkrivanje in ukrepanje. Rezultati zgodnjega odkrivanja predlagajo ukrepe, hkrati pa po izvedenih ukrepih ravno monitoring pokaže učinkovitost izvedbe. Za načrtovanje monitoringa je pomembno tudi predvidevanje o morebitni kolonizaciji.

V Sloveniji vidimo več poti oziroma vire naseljevanja tujerodnih vrst potočnih rakov in širjenja njihovih bolezni:

1. širjenje po rekah dolvodno (Drava, Mura),
2. širjenje gorvodno v večje in manjše pritoke,
3. nenadzorovano, namerno ali nenamerno spuščanje ali prenašanje tujerodnih potočnih rakov ulovljenih v naravi,
4. nenadzorovano, namerno ali nenamerno spuščanje tujerodnih potočnih rakov kupljenih v akvarističnih trgovinah, ribarnicah ali uvoženih iz tujine v naravo.

Za prvi dve točki (1, 2) je monitoring najbolj jasen. Enostavno ga je načrtovati in predvideti morebitne ukrepe ob odkritju vrste. Za zadnji dve (3, 4) pa se je ravno z nedavnimi odkritji v Sloveniji pokazalo, da se lahko zgodijo kadarkoli in kjerkoli. Tudi z dobro razvejano mrežo vzorčnih mest, bi te vrste zaznali šele, ko bi bile populacije že (pre)velike. Vendar je tovrstne dogodke možno preprečiti z ozaveščevalnimi akcijami ali zmanjšanjem dostopa do rakov (npr. popolno prepoved prodaje živih rakov). Ti ukrepi so precej cenejši od vseh drugih aktivnih ukrepov odstranjevanja.

Dolvodno širjenje je v Sloveniji najbolj očitno pri signalnem raku, pri trnavcu se kot kaže še ni začelo. O razširjenosti ozkoškarjevca nizvodno od Laškega ne vemo nič. Kadar se raki nizvodno širijo v večji reki, so ukrepi za upočasnitev ali zaježitev povezani z velikimi stroški. Na območjih, kjer je populacija tujerodne vrste že vzpostavljena, populacijski monitoring lahko služi oceni velikosti populacije, še posebej kadar se izvajajo tudi populacijske raziskave domorodnih vrst in bo morebiti treba ugotoviti nanje negativni vpliv. Prav tako je podrobnejši monitoring smiseln v primeru izvajanja aktivnih ukrepov eradikacije tujerodne vrste. Takrat je smiselno vzpostaviti ciljno naravnano monitoring.

Na območjih, kjer je signalni rak že prisoten več let, predlagamo populacijski monitoring v minimalnem obsegu. V reki Muri naj se na petih stalnih točkah vsakih pet let opravi vzorčenje za spremljanje populacijske gostote. Za to sta potrebna dva terenska dneva vsakih pet let. Enako se vzorčenje opravi v Dravi med Dravogradom in Mariborom. Nizvodno od Maribora do Ptuja pa je populacija verjetno v rasti, zato predlagamo, da se to populacijo še naslednjih pet let spremlja vsako leto. Nizvodno od Ptuja naj se vzorči v dvoletnih intervalih, vse dokler vrsta ne bo zaznana, pri čemer se monitoring uskladi z monitoringom raka trnavca.

V Sloveniji se signalni rak zaenkrat aktivno širi gorvodno po Ščavnici in Kučnici, verjetno tudi po Ledavi. Kot kaže je hitrost širjenja tu manjša kot dolvodno po Muri in Dravi, a te dinamike zaenkrat ne poznamo. V teh treh vodah bi bilo smiselno sprejeti ukrepe aktivnega izlova z namenom upočasnitve gorvodnega širjenja. Pri gorvodni kolonizaciji imajo ključno vlogo večji osebki, ki jih je najlažje odstraniti. Ne glede na sprejete ukrepe je smiselno v Ledavi, Kučnici in Ščavnici vzpostaviti monitoring spremljanja gorvodne kolonizacije. Na nizvodnih odsekih od izliva gorvodno, kjer je bila vrsta že najdena, naj se postavi vzorčna mesta na približno 1 km in spremlja t. i. prva fronta širjenja. Mesta spremljanja naj se nato s širjenjem vrste v naslednjih letih premikajo. To vzorčenje naj se izvaja vsaki dve leti. Morebitno gorvodno širjenje iz Drave v pritoke na Pohorju ali Kozjaku bo možno zaznati v okviru monitoringa raka koščaka, če bo le-ta redno izvajan.

Monitoring gorvodnega širjenja iz Hrvaške (Goričko, Sotla, Sava, Kolpa) je smiselno načrtovati glede na rezultate razširjenosti vrste na Hrvaškem. Enako velja za kolonizacijo drugih vrst rakov iz Italije. V primeru vzpostavitve monitoringa jelševca bo na Goričkem monitoring jelševca pokrival tudi detekcijo signalnega raka. Smiselno pa je spremljanje rakov na manjših potokih, ki pritečejo iz Avstrije. Na vsake tri leta naj se še naprej spremlja zgornji tok Ledave in Kučnice ter mejne potoke na Kozjaku in v Slovenskih goricah (slika 3). Le tako bomo k izvajanju ustreznih varstvenih ukrepov vzpodbudili tudi naše severne sosedo. V bližini vseh teh vod so namreč v Avstriji tudi ribniki oziroma druge stoječe vode, kjer je verjetnost pojavljanja signalnega raka večja.

Tabela 2: Frekvenca ponovitev in obseg monitoringa signalnega raka (*Pacifastacus leniusculus*) v Sloveniji za obdobje naslednjih šest let.

Območje	Frekvenca	Obseg
Mura	na 5 let	2 terenska dneva
Drava: Dravograd-MB	na 5 let	2 terenska dneva
Drava: MB-Ptuj	vsako leto 5 let	2 terenska dneva/letno
Drava: Ptuj-Ormož	na 2 leti	2 terenska dneva/letno
Ščavnica, Kučnica, Ledava	na 2 leti	6 terenski dni
Mejne vode (Kozjak, Slovenske Gorice, Goričko)	na 3 leta	4 terenski dnevi

Letni obseg:

2019: 2 dni (Drava: MB-Ptuj) + 4 dni (Drava, Mura petletni cikel): skupaj 6 dni

2020: 2 dni (Drava: MB-Ptuj) + 6 dni (Ščavnica, Kučnica, Ledava) + 2 dni (Ptuj-Ormož): skupaj 10 dni

2021: 2 dni (Drava: MB-Ptuj) + 4 dni (Mejne vode – Kozjak, Slovenske Gorice, Goričko): skupaj 6 dni

2022: 2 dni (Drava: MB-Ptuj) + 6 dni (Ščavnica, Kučnica, Ledava) + 2 dni (Ptuj-Ormož): skupaj 10 dni

2023: 2 dni (Drava: MB-Ptuj): skupaj 2 dni

2024: 6 dni (Ščavnica, Kučnica, Ledava) + 4 dni (Mejne vode – Kozjak, Slovenske Gorice, Goričko) + 4 dni (Drava, Mura petletni cikel) + 2 dni (Ptuj-Ormož): skupaj 16 dni

V šestih letih je to skupaj 50 terenskih dni.

Monitoring zgodnje detekcije za nenadzorovane izpuste je nemogoče predvideti in zasnovati v razumljivih in smiselnih finančnih okvirjih. Tudi v Sloveniji je verjetno signalni rak že prisoten v kakšni od gramoznic v vzhodni Sloveniji, a iz slovenskih primerov izpustov lahko sklepamo, da je del nenadzorovanih izpustov vseeno lahko dovolj zgodaj zaznan. Zato je smiselno čim prej izdelati operativni načrt ukrepanj ob takšnih dogodkih.

Ne smemo pozabiti, da ima na odkritje novih tujerodnih vrst verjetno največji uspeh čim več različnih monitoringov v vodah (raki, kačji pastirji, ribe, školjke, vodni nevretenčarji po

metodologijo ARSO), ki skupaj pokrivajo večje območje. Z vidika potočnih rakov predlagamo čimprejšnjo vzpostavitev monitoringa jelševca, saj bo s tem dodatno pokritih še nekaj območij v Sloveniji (Bela Krajina, Haloze in dolina Pesnice ter celotno Goričko). Monitoring razširjenosti tujerodnih vrst rakov (ne samo signalnega raka) bi se lahko izvajal skupaj ali vzporedno z monitoringom domorodnih vrst z ustrezno razširitvijo obsega monitoringa. Vsekakor pa morata biti monitoringa domorodnih in tujerodnih vrst potočnih rakov vzajemno povezana, s čimer bi bilo izključeno podvojeno delo in izboljšana vzpostavitev ustreznih varstvenih ukrepov, ki iz takih monitoringov izhajajo.

Z vidika preventivnih ukrepov je ključno, da se živi potočni raki ne raznašajo iz Drave ali Mure v številne majhne zasebne ribnike v Halozah in Slovenskih goricah ali v številne prekmurske gramoznice. Tu so marsikje še vedno prisotni jelševci.

Prav tako je z vidika preventivnih ukrepov pomembno uvesti prepoved prometa in uvoza živih potočnih rakov iz družin Astacidae, Cambaridae in Parastacidae in ne samo vrst rakov, ki so regulirani z *Uredbo (EU) št. 1143/2014 Evropskega parlamenta in Sveta z dne 22. oktobra 2014 o preprečevanju in obvladovanju vnosa in širjenja invazivnih tujerodnih vrst*.

Problematika tujerodnih vrst potočnih rakov se je v zadnjih letih razširila na več vrst, vnosi in pojavljanje pa je razdrobljeno po celotni državi. Za uspešno izogibanje invaziji teh vrst je zato nujna vzpostavitev celostnega monitoringa zgodnjega odkrivanja tujerodnih vrst potočnih rakov, ki naj vključuje:

1. Vsakoletno spremljanje ključnih točk v državi, kjer je možnost vnosa ali potencialnega naravnega širjenja tujerodnih vrst iz drugih držav največja. To so zlasti prekmejne reke, večje reke in vodotoki ter vodotoki v okolici večjih mest.
2. Monitoring prodaje živih vrst tujerodnih rakov v Sloveniji v akvarijskih trgovinah in ribarnicah. Ta del monitoringa se lahko izvaja kot inšpekcijski nadzor z za to usposobljenimi inšpektorji.
3. Vzpostavitev portala za sporočanje najdb potočnih rakov na terenu s strani ljubiteljev narave, profesionalnih terenskih biologov, ribičev in drugih na terenu dejavnih opazovalcev narave. Vzpostavitev portala mora nujno spremljati ozaveščevalna in popularizacijska akcija usmerjena na ciljne skupine. Vzpostavitev mora biti sistemsko rešena.
4. Vzpostavitev urgentnega finančnega sklada za izvajanje takojšnjih ukrepov odstranjevanja ugotovljenih populacijskih zametkov za preprečevanje nadaljnega širjenja in vzpostavitve populacije vnesene vrste. Ob tem mora biti zagotovljen takojšen pretok informacij o najdbi iz zgornjih treh točk.
5. Vzpostavitev nacionalne zbirke tujerodnih vrst ugotovljenih na območju Slovenije za kasnejše retrogradne analize. Te so pomembne predvsem pri ugotavljanju izvora vnesenih osebkov (molekularno-genetske analize), zlasti za ugotavljanje in kasnejše preprečevanje poti vnosa in za ugotavljanje širjenja bolezni, katerih nosilci so lahko tujerodni organizmi. Ključno pri tem je zagotavljanje rednosti vnosa materiala v takšno zbirko, zlasti osebkov iz izvornih populacijskih zametkov.

Pomembno je še vzpostaviti monitoring račje kuge pri domorodnih in tujerodnih populacijah ter vanj vključiti tudi zajem vzorcev iz prodaje rakov za gostinstvo in akvaristiko.

5. VIRI IN LITERATURA

- Bohman, P., L. Edsman, P. Martin & G. Scholtz, 2013. The first Marmorkrebs (Decapoda: Astacida: Cambaridae) in Scandinavia. *BioInvasions Records* 2(3): 227–232.
- Bric, B. & R. Hamzič, 2017a. Izvedba preverjanja prisotnosti invazivne tujerodne vrste marmornati škarjar (*Procambarus fallax f. virginialis*). Zavod za ribištvo Slovenije, Spodnje Gameljne. 18 str. [Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor Republike Slovenije, Ljubljana].
- Bric, B. & R. Hamzič, 2017b. 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 Republike Slovenije, Ljubljana].
- Chucholl, C., 2014. Predicting the risk of introduction and establishment of an exotic aquarium animal in Europe: Insights from one decade of Marmorkrebs (Crustacea, Astacida, Cambaridae) releases. *Management of Biological Invasions* 5. [doi: 10.3391/mbi.2014.5.4.01]
- Chucholl, C., K. Morawetz & H. Groß, 2012. The clones are coming – strong increase in Marmorkrebs [*Procambarus fallax* (Hagen, 1870) f. *virginialis*] records from Europe. *Aquatic Invasions* 7(4): 511–519.
- Diéguez-Uribeondo, J., T.-S. Huang, L. Cerenius & K. Söderhäll, 1995. Physiological adaptation of an *Aphanomyces astaci* strain isolated from the freshwater crayfish *Procambarus clarkii*. *Mycological Research* 99(5): 574–578.
- 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. [doi: 10.1051/kmae/2016039]
- Govedič, M. & I. Miličič, 2018. Ujemite naravo!: zbranih 10.000 fotografij. *Ribič*, Ljubljana 77(1–2): 6–9.
- Govedič, M., M. Bedjanič, V. Grobelnik, A. Kapla, J. Kus Veenvliet, A. Šalamun, P. Veenvliet & A. Vrezec, 2007. Dodatne raziskave kvalifikacijskih vrst Natura 2000 s predlogom spremljanja stanja – raki. Končno poročilo. Center za kartografijo favne in flore, Miklavž na Dravskem polju. 128 str. [Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana].
- Govedič, M., M. Bedjanič, A. Vrezec & A. Šalamun, 2011. Dodatne raziskave kvalifikacijskih vrst Natura 2000 ter vzpostavitev in izvajanje monitoringa ciljnih vrst rakov v letu 2010 in 2011. Končno poročilo. Center za kartografijo favne in flore, Miklavž na Dravskem polju. 87 str. [Naročnik: Ministrstvo za okolje in prostor, Ljubljana].
- 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].
- 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. *Knowledge and Management of Aquatic Ecosystems* 394–395, 11.
- 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., 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. [doi: 10.1051/kmae/2009023]
- 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.
- Jussila, J., A. Vrezec, J. Makkonen, 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. (ur.), *Biological Invasions in Changing Ecosystems: Vectors, Ecological Impacts, Management and Predictions*, pp. 183–211, De Gruyter Ltd, Warsaw.
- Kozák, P., Z. Ďuriš, A. Petrusek, M. Buřič, I. Horká, A. Kouba, E. Kozubíková-Balcarová & T. Plocar, 2015. *Crayfish Biology and Culture*. University of South Bohemia, České Budějovice. 456 str.
- Kozubíková, E., T. Vrålstad, L. Filipová & A. Petrusek, 2011. Re-examination of the prevalence of *Aphanomyces astaci* in North American crayfish populations in Central Europe by TaqMan MGB real-time PCR. *Diseases of Aquatic Organisms* 97: 113–125.

- 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.
- Marten, M., C. Werth & D. Marten, 2004. Der Marmorkrebs *Procambarus* sp. (Cambaridae, Decapoda) in Deutschland – ein weiteres Neozoon in Rheineinzugsgebiet. *Lauterbonia* 50: 17–23.
- Marzano, F. N., M. Scalici, S. Chiesa, F. Gherardi, A. Piccinini & G. Gibertini, 2009. The first record of the marbled crayfish adds further threats to freshwaters in Italy. *Aquatic Invasions* 4(2): 401–404.
- Pârvulescu, L., A. Schrimpf, E. Kozubíková, S. Cabanillas Resino, T. Vrålstad, A. Petrusek & R. Schulz, 2012. Invasive crayfish and crayfish plague on the move: first detection of the plague agent *Aphanomyces astaci* in the Romanian Danube. *Diseases of Aquatic Organisms* 98: 85–94.
- Scholtz, G., A. Braband, L. Tolley & G. Vogt, 2003. Parthenogenesis in an outsider crayfish. *Nature* 421(6925): 806.
- Soes, D. M. & R. van Eekelen, 2006. Rivierkreeften een opruend problem? *De Levende Natuur*, 107(2): 56–59.
- Zavratnik S. & 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.