

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

ZAKLJUČNA NALOGA
ZDRUŽBA DVOŽIVK V STOJEČIH VODNIH
TELESIH NA KRAŠKEM ROBU

SARA STRAH

UNIVERZA NA PRIMORSKEM
FAKULTETA ZA MATEMATIKO, NARAVOSLOVJE IN
INFORMACIJSKE TEHNOLOGIJE

Zaključna naloga

Združba dvoživk v stoječih vodnih telesih na Kraškem robu

(Community of amphibians in standing water bodies on the Karst edge)

Ime in priimek: Sara Strah
Študijski program: Biodiverziteta
Mentor: doc. dr. Martina Lužnik
Somentor: asist. Felicita Urzi

Koper, september 2020

Ključna dokumentacijska informacija

Ime in PRIIMEK: Sara STRAH

Naslov zaključne naloge: Združba dvoživk v stoječih vodnih telesih na Kraškem robu

Kraj: Koper

Leto: 2020

Število listov: 49

Število slik: 13

Število tabel: 10

Število prilog: 2

Št. strani prilog: 4

Število referenc: 33

Mentor: doc. dr. Martina Lužnik

Somentor: asist. Felicita Urzi

Ključne besede: Kraški rob, kali, korita, dvoživke, okoljski dejavniki

Izvleček:

Kali so manjša stoječa vodna telesa, ki na območju Kraškega roba poleg različnih betonskih korit predstavljajo edino možnost za mrestenje več vrstam dvoživk. Zaradi opuščanja tradicionalnega kmetijstva se opušča tudi raba kalov, ki se brez primerne vzdrževanja zaraščajo in izsušujejo. Ta pol naravna mokrišča v zadnjih letih ogroža tudi vnos tujerodnih vrst, med katerimi so največja grožnja zlate ribice (*Carassius auratus*). Dodatno obremenitev predstavlja tudi uporaba kemijskih sredstev v kmetijstvu, predvsem v bližini njiv je lahko problematično spiranje (umetnih) gnojil z obdelovalnih površin. S problematiko ogrožanja kalov so na tem območju neposredno povezane dvoživke, ki so torej ogrožene zaradi več dejavnikov (izginjanje habitatov, tujerodne vrste, onesnaženje). S to nalogo smo želeli povezati okoljske parametre, izmerjene v kalih, s prisotnostjo dvoživk. Zato smo spomladi 2020 preverjali kako različni dejavniki vplivajo na prisotnost in razmnoževalno uspešnost dvoživk v stoječih vodnih telesih na Kraškem robu. Vsako vodno telo smo popisali enkrat mesečno od februarja do junija. Poleg prisotnosti in stadijev dvoživk smo beležili tudi prisotnost nekaterih plenilcev (zlatih ribic, vodnih kač, kačjih pastirjev), nekatere hidromorfološke parametre in fizikalno-kemijske parametre. Podatke smo analizirali s kanonično korespondenčno analizo (CCA) in nemetričnim multidimenzionalnim skaliranjem (NMDS). V 6 od 26 vključenih vodnih telesih so bile v letu 2020 prisotne zlate ribice. Navadna krastača (*Bufo bufo*) je edina vrsta dvoživk, ki se je v več kalih z ribami uspešno razmnoževala. Kot najmanj habitatno zahtevna vrsta se je izkazal navadni pupek (*Lissotriton vulgaris*). Našli smo ga v 19 od 26 vodnih teles.

Key document information

Name and SURNAME: Sara STRAH

Title of the final project paper: Community of amphibians in standing water bodies on the Karst edge

Place: Koper

Year: 2020

Number of pages: 49 Number of figures: 13 Number of tables: 10

Number of appendix: 2 Number of appendix pages: 4

Number of references: 33

Mentor: Assist. Prof. Martina Lužnik, PhD

Co-Mentor: Assist. Felicita Urzi

Keywords: habitat determinants, Karst edge, karstic ponds, amphibians, concrete trench

Abstract:

Karstic ponds are small water bodies, which are together with concrete trench, the only breeding sites for multiple species of amphibians in the Karst edge. Due to the abandonment of traditional agriculture, the ponds are not maintained properly and are therefore drying out and getting overgrown with vegetation. In the past few years, these semi-natural wetlands are being threatened by non-native species. The biggest threat is the goldfish (*Carassius auratus*). Amphibians are directly related to the problem of pond deterioration in this area, therefore are also endangered due to several factors (habitat loss, non-native species, pollution). We aimed to find the link between the environmental parameters and the presence of amphibians. In the spring of 2020, we examined how various factors affect the presence and reproductive performance of amphibians in standing water bodies on the Karst edge. Each water body was surveyed once a month from February to June. We recorded the presence and developmental stages of amphibians and some predators (goldfish, water snakes, dragonflies), hydromorphological parameters, and physicochemical parameters. For data analysis, we used canonical correspondence analysis (CCA) and nonmetric multidimensional scaling (NMDS). Goldfish were present in 6 out of the 26 water bodies in 2020. The common toad (*Bufo bufo*) was the only species of amphibians that has successfully reproduced in several ponds with fish. The least habitat-demanding species was the smooth newt (*Lissotriton vulgaris*), which we found in 19 out of the 26 water bodies.

ZAHVALA

Zahvaljujem se mentorici doc. dr. Martini Lužnik za usmeritve, spodbudo, vse nasvete in pomoč na terenih.

Zahvaljujem se somentorici asis. Feliciti Urzi za pomoč v laboratoriju in za vse nasvete v povezavi z zaključno nalogo.

Zahvaljujem se doc. dr. Juretu Jugovicu za pomoč pri analizah in vse predloge in nasvete v povezavi z zaključno nalogo.

Zahvaljujem se Martinu Seniču, Niku Šabedru, Anji Mavrič in Maju Kastelcu za pomoč na terenih.

Zahvaljujem se tudi Urški Pobega, Vidu Nagliču, Blažu Kekcu, Klari Kopač, Evi Mur in Petri Gabrovšek za spodbudo in pomoč pri zaključni nalogi.

Prav tako se zahvaljujem družini za spodbudo in podporo v času študija.

KAZALO VSEBINE

1	UVOD.....	1
1.1	Stoječa vodna telesa na Kraškem robu	1
1.1.1	Kraški rob	1
1.1.2	Kali	1
1.1.2.1	Stanje kalov	1
1.1.2.2	Življenje v kalih in podobnih vodnih telesih.....	2
1.1.2.3	Vpliv stanja kalov na združbo dvoživk	2
1.1.2.4	Ohranjanje kalov	3
1.1.2.5	Obnova kalov	3
1.2	Stanje populacij dvoživk.....	4
1.2.1	Ogroženost dvoživk.....	4
1.2.1.1	Tujerodne invazivne vrste	4
1.2.2	Varstveni status dvoživk.....	4
1.3	Pregled raziskav dvoživk na Kraškem robu	5
1.4	Cilji zaključne naloge	8
2	METODE DELA.....	9
2.1	Vključena vodna telesa	9
2.2	Popisi vodnih teles	14
2.2.1	Ocena zastopanosti dvoživk	14
2.2.1.1	Ocena velikosti populacije navadnih pupkov v Hrastovljah.....	14
2.2.3	Hidromorfološki parametri	15
2.2.4	Fizikalno kemijski parametri	15
2.2.4.1	Meritve na terenu	15
2.2.4.2	Meritve v laboratoriju.....	15
2.3	Analize podatkov	16
3	REZULTATI Z DISKUSIJO.....	17
3.1	Stanje vodnih teles	17
3.2	Kemijsko-fizikalno stanje vode	19
3.3	Zastopanost in abundanca dvoživk	24
3.3.1	Ocena velikosti populacije navadnega pupka v Hrastovljah.....	27
3.4	Analize	29
3.4.1	Klasterska analiza	29
3.4.2	CCA in NMDS	29
4	ZAKLJUČEK	32
5	LITERATURA IN VIRI.....	Napaka! Zaznamek ni definiran.

KAZALO PREGLEDNIC

Preglednica 1: Varstveni status dvoživk, ki so bile opažene na Kraškem robu (IUCN - International Union for Conservation of Nature: LC – stanje ni zaskrbljujoče (ang. least concern); Slovenski rdeči seznam: O - vrsta zunaj nevarnosti, V - ranljiva vrsta; Habitatna direktiva: II – Priloga II – živalske in rastlinske vrste v interesu skupnosti, za ohranjanje katerih je treba določiti posebna ohranitvena območja ... IV – Priloga IV - živalske in rastlinske vrste v interesu skupnosti, ki jih je treba strogo varovati; Bernska konvencija: II – Dodatek II – strogo zavarovane živalske vrste, III – Dodatek III – zavarovane živalske vrste	5
Preglednica 2: Kali, obravnavani v projektu BioDiNet (Lužnik in sod. 2014) s podatki o lokaciji, prisotnosti rib in dvoživk ter o vključenosti v seznam naravnih vrednot. x in y – koordinati po...sistemu; ribe – zabeležena pristonost rib; AMPH - št. vrst dvoživk od 2006 do 2013; NV – kal je zabeležen kot naravna vrednota v Naravovarstvenem atlasu; 2 – ribe prisotne od 2007.	7
Preglednica 3: Datumi popisov in razmiki med popisi.....	9
Preglednica 4: Seznam vključenih vodnih teles z osnovnimi informacijami.....	9
Preglednica 5: Podatki o kalih: oznaka kala, popis in prisotnost vode v času popisa po mesecih: ● – opravili popis, voda prisotna, ○ – opravili popis, vode ni bilo, prazno – nismo obiskali; ribe – prisotnost rib spomladi 2020, ODONATA – prisotnost kačjih pastirjev (kateregakoli stadija), NNAT – opažena belouška (<i>Natrix natrix</i>) ; NTES – kobranka (<i>Natrix tessellata</i>); DVOŽIVKE – število popisanih vrst dvoživk spomladi 2020, makrofiti – prisotnost makrofitov; * - nitaste zelene alge.....	18
Preglednica 6: Lestvica za vrednotenje stanja kala.....	22
Preglednica 7: Vrednotenje stanj kala na podlagi nasičenosti s kisikom, vrednosti dušika in Ph.....	23
Preglednica 8: Prisotnost in abundanca dvoživk v vodnih telesih spomladi 2020. Ocena – ocena abundance dvoživk po lestvici, ki je zapisana v metodah dela; SUM – seštevek ocen po vrstah za vse kale skupaj, * - prisotnost rib 2020.....	25
Preglednica 9: Izračun ocene velikosti populacije navadnih pupkov (<i>Lissotriton vulgaris</i>) v prvem koritu v Hrastovljah (HRA1) po Schnabelu	27
Preglednica 10: Izračun ocene velikosti populacije navadnih pupkov (<i>Lissotriton vulgaris</i>) v drugem koritu v Hrastovljah (HRA2) po Schnabelu	27

KAZALO SLIK IN GRAFIKONOV

Slika 1: Zemljevid vključenih vodnih teles	10
Slika 2: Fotografije obravnavanih kalov na Kraškem robu, ki so bili fotografirani v različnih mesecih (pripisano pri oznaki kala). SOC1 – marec, SOC2 – februar, KAS1 – marec, KAS2 – junij, CRNO1 – december, CRN2 – junij, CRN3 – junij, POD1 – maj, BEZ1 – april, BEZ2 – april	11
Slika 3: Fotografije obravnavanih kalov na Kraškem robu, ki so bili fotografirani v različnih mesecih (pripisano pri oznaki kala). HRA1 – junij, HRA2 – maj, HRA2 – april, ZAZ1 – maj, DOL1 – april, DOL2 – marec, DOL3 – februar, DOL4 – april, ZAZ2 – april, ZAZ3 – junij	12
Slika 4: Fotografije obravnavanih kalov na Kraškem robu, ki so bili fotografirani v različnih mesecih (pripisano pri oznaki kala). RAK1 – junij, SOC6 – junij, RAK4 – junij, RAK5 – maj, RAK2 – februar, RAK3 – junij, MOV – december	13
Slika 5: Prikaz koncentracije kisika (mg/l) z okvirji z ročaji po kalih.	19
Slika 6: Prikaz nasičenosti s kisikom (%) z okvirji z ročaji po kalih.	20
Slika 7: Prikaz vrednosti nitratov (mg/l) z okvirji z ročaji po kalih.	20
Slika 8: Prikaz vrednosti pH z okvirji z ročaji po kalih.....	21
Slika 9: Prikaz prevodnosti (qS/cm) z okvirji z ročaji po kalih.....	21
Slika 10: Prikaz temperature (°C) z okvirji z ročaji po kalih.	22
Slika 11: Klusterska analiza (Ward's method, Cophen. corr.: 0,4628) 26 kalov na Kraškem robu na podlagi ocene abundance 6 vrst dvoživk (opomba: na dve skupini razdeli z 100 % podporo, N = 500; ostale delitve imajo nižjo podporo).....	29
Slika 12: Nemetrično multidimenzionalno skaliranje NMDS (Euclidean distance, stress = 0.1433; $R^2_{\text{axis 1}} = 0.5235$; $R^2_{\text{axis 2}} = 0.3846$). Črni krogi predstavljajo pozicijo 22 kalov, vektorji predstavljajo 14 okoljskih parametrov.	30
Slika 13: Kanonična korensodenčna analiza CCA (scaling type 2, triplot amp: 4). Projekcija 15 okoljskih parametrov, prikazanih kot vektorji in 6 vrst dvoživk v 22 kalih po prvih dveh oseh (Axis 1, Axis 2).....	31

KAZALO PRILOG

Priloga A: Meritve kemijsko-fizikalnih parametrov

Priloga B: Hidromorfološki parametri

SEZNAM KRATIC

BBUF – lat. *Bufo bufo* – navadna krastača

BVAR – lat. *Bombina variegata* – hribski urh

CCA - kanonična korespondenčna analiza (ang. canonical correspondence analysis)

LVUL – lat. *Lissotriton vulgaris* – navadni pupek

MRR - mark-release-recapture

NMDS - nemetrično multidimenzionalno skaliranje (ang. non-metric multidimensional scaling)

PELO – lat. *Pelophylax sp.* – rod zelenih žab

RDAL – lat. *Rana dalmatina* – rosnica

TCAR – lat. *Triturus carnifex* – veliki pupek

1 UVOD

1.1 Stoječa vodna telesa na Kraškem robu

1.1.1 Kraški rob

Kraški rob je 20 km dolga in 2,5 km do 5 km široka območje ki se v Sloveniji razteza od Socerba ob slovensko-italijanski meji do Mlinov ob slovensko-hrvaški meji. Je del geološkega in podnebnege prehoda med kraško planoto in flišno Istro. Vzhodno od njega je višji kraški svet Podgorskega krasa z Matarskim podoljem ter Slavnika s Čičarijo. Na zahodu pa ga obdaja nižji svet flišnega gričevja. Stene od Ospja do Zazida predstavljajo mejnik med sub-mediteranskim in celinskim podnebjem (Ogrin 2012). Na Kraškem robu zaradi geološke podlage (apnenca) voda hitro odteka v podzemlje. Tudi padavin je manj na tem delu Slovenije. Oskrba z vodo je bila tu vedno problem. Kmetje so zato, pred napeljavo vodovoda po drugi svetovni vojni, gradili vodne objekte, ki so jih imenovali kal, puč, lokev, lokva ali vaška (Ciglič 2005). Poleg kalov so na Kraškem robu prisotna tudi različna betonska korita, ki držijo vodo. Nekatera so namenjena zadrževanju deževnice, druga zadrževanju izvirske vode.

1.1.2 Kali

Po slovarju slovenskega knjižnega jezika je kal »plitvejša kotanja s stoječo vodo; mlaka« ali »razmočen, močviren kraj«. Kali so pol naravna sladkovodna mokrišča. Kale in korita so včasih uporabljali za napajanje živine, kot vir pitne vode, za gašenje požarov, pranje, za namakanje poljščin ter pri gradbenih in drugih zidarskih opravilih. Tako večina kalov stoji v bližini naselij, hlevov in pašnikov. Včasih je bil kal pomemben del vsake vasi. (Ciglič, 2005)

1.1.2.1 Stanje kalov

Zadnja desetletja se potreba po rabi vode iz kalov zmanjšuje. Včasih so kale čistili v sušnih mesecih. Z dna so postrgali blato, živina je bredla po vodi in s tem teptala ilovico in zapirala razpoke v ilovnatem dnu. V zadnjih letih pa se kali zaradi opuščanja rabe zaraščajo in izsušujejo (Ciglič, 2005). Število kalov se zmanjšuje zaradi nepremišljenega zasipavanja in uničevanja. (Poboljšaj in Lešnik 2003). Z zaraščanjem, izsuševanjem in zasipanjem kalov se zmanjša možnost preživetja številnih rastlinskih in živalskih vrst, za katere so kali edini primeren habitat na območju Kraškega roba. Kali predstavljajo pomembno mrežo vodnih življenjskih okolij. So tudi edina možnost za mrestenje večine vrst dvoživk na Kraškem robu. (Lužnik in Zupan 2014)

1.1.2.2 Življenje v kalih in podobnih vodnih telesih

Kali so zelo nepredvidljiv habitat. Žabe, krastače in pupki so razvili življenjske strategije, ki jim omogočajo preživetje v kalih, kljub hitrim spremembam. Speybroeck in Beukema (2016) ugotavljata, da lahko samice nekaterih vrst zaradi slabih razmer (npr. pomanjkanja vode) zadržijo jajca dlje časa. Griffiths (1997) je ugotovil, da plastičnost v razvoju žabam in krastačam omogoča prilagajanje stopnje razvoja ličink glede na temperaturo, s pomočjo termoregulacije. Temperatura vode je višja v plitvih vodah. Pri višji temperaturi razvoj poteka hitreje. Tudi mresti in jajca se razvijajo hitreje pri višji temperaturi. (Darrow et al. 2004, Maciel in Juncá 2009). Paglavci nekaterih vrst se ob pomankanju vode prej preobrazijo, kljub manjši velikosti (Maciel in Juncá 2009).

Ko se kal izsušuje, povečana gostota ličink lahko vodi do kompeticije, zaviranja rasti in kanibalizma med ličinkami. Večje ličinke lahko tako preživijo na račun manjših. To lahko poveča razmnoževalni uspeh v populaciji. Seleksijski pritiski lahko ohranijo različne razmnoževalne strategije znotraj iste populacije (Griffiths 1997). Kdaj vrsta pride do kala, vpliva tako na njen uspeh kot na uspeh vrst, ki pridejo za njo. Vsaka vrsta vpliva na trofične povezave v sistemu. Brezrepe dvoživke lahko npr. z dviganjem substrata močno vplivajo na stanje manjših voda (npr. kalov) in posledično tudi na zastopanost drugih skupin organizmov (Wilbur 1997).

Kljub velikemu številu potomcev, več parjenj v eni sezoni in plastičnosti v razvoju ter kanibalizmu med ličinkami, ima veliko populacij ličink v kalih še vedno visoko smrtnost vsako leto. Ena ali dve neuspešni razmnoževalni sezoni še ne pomenita izumrtja populacije dvoživk v kalu. Tudi če populacija neke vrste v enem kalu izumre, lahko migracije juvenilnih in odraslih osebkov iz sosednjih kalov, kal ponovno kolonizirajo. Zato je mreža kalov bistvena za dolgoročno ohranjanje metapopulacij (Griffiths 1997). Možnost dvoživk, da uspešno kolonizirajo druga bližnja vodna telesa je manjša v urbanih in sub-urbanih okoljih zaradi slabše povezanosti vodnih teles (Hamer in McDonnell 2008).

1.1.2.3 Vpliv stanja kalov na združbo dvoživk

Ko dvoživke izbirajo vodo za mrestenje imajo zelo specifične preference. Različne vrste izbirajo na primer različno velika vodna telesa, z različno globino, pokrivnostjo z vegetacijo, kemijskim stanjem vode (Hamer in McDonnell 2008). France (2002) je v sedemnajstih kalih v Slovenski Istri in na Krasu proučevala povezavo okoljskih dejavnikov z zastopanostjo dvoživk. Kale je popisovala od marca do avgusta 1999. V analizo je vključila 6 vrst dvoživk in 14 okoljskih dejavnikov. Okoljski dejavniki, ki jih je spremljala, so bili: površina in globina kala, prosojnost vode, tip dna, prisotnost rib, minimalni in

maksimalni naklon, vodna vegetacija, povprečna oddaljenost od cest in naselij ter procent habitatov v okolici kala. Kot najpomembnejši dejavniki za dvoživke so se izkazali: kopenski habitat v okolici kala, ter zaraščenost vodne površine v juliju. Pomemben dejavnik so bile tudi ribe, ki imajo na kal izrazito negativen vpliv. Za najbolj neselektivni vrsti sta se izkazali navadni (*Lissotriton vulgaris*) in veliki pupek (*Triturus carnifex*) ter rosnica (*Rana dalmatina*), najbolj selektivne pa so bile zelene žabe (*Pelophylax sp.*) in zelene rege (*Hyla arborea*). Na uspešnost dvoživk lahko negativno vplivajo tudi drugi dejavniki kot so pH in vsebnost nitratov (znak evtifikacije?). Preživetje jajčec se zmanjšuje z nižanjem pH. V vodah z nizkim pH (<5,0) so paglavci prisotni le izjemoma (Hartog et al. 1986) Vrste se različno odzivajo na povečane vrednosti nitratov v vodi. Večje vrednosti nitratov in nitratnih ionov negativno vplivajo na fitnes dvoživk in lahko povečajo smrtnost (Marco et al. 1999).

1.1.2.4 Ohranjanje kalov

Več kalov je opredeljenih kot naravna vrednota. Način varovanja določa Pravilnik o določitvi in varstvu naravnih vrednot (2004). V Preglednici 2 je označeno, kateri kali na Kraškem robu so prepoznani kot naravna vrednota. Vsi so opredeljeni kot ekosistemska naravna vrednota lokalnega pomena.

1.1.2.5 Obnova kalov

Nekaj od vključenih kalov je bilo v zadnjih letih prenovljenih v okviru različnih projektov. Zgornji kal na Socerbu (SOC1) je bil obnovljen v letu 2004. Zgradili so nov kamniti zid na severni strani kala. Dno so ponovno prekrili z nekaj plastmi gline. V zimi 2004/2005 so Kal severno od vasi Kastelec (KAS1) očistili. Odstranili so vejevje s katerim je bil kal prekrit. Leta 2004 so s sredstvi projekta obnovili tudi kal vasi Rakitovec. (Kaligarič in sod. 2005) Kal na Ravni (ZAZ2) je leta 2009 obnovilo Turistično društvo Porton iz Zazida, s finančno pomočjo Mestne občine Koper. Kal je bil pred obnovo več let prazen. Z željo po izboljšanju stanja kala so ga poglobili in dno zatesnili s folijo, filcem in ilovico. Postavili so informativno tablo, ki ozavešča ljudi o problematiki izpuščanja zlatih ribic in želv (ter drugih akvarijskih živali), a so bile zlate ribice kljub tabli ponovno naseljene. (vir: informativna tabla pri kalu)

1.2 Stanje populacij dvoživk

1.2.1 Ogroženost dvoživk

Dvoživke so najbolj ogrožena skupina vretenčarjev (Collins 2010). Za upadanje populacij in izumiranje dvoživk več avtorjev navaja naslednje razloge: izguba in fragmentacija habitatov, vnos tujerodnih invazivnih vrst, onesnaževanje (pesticidi, gnojila), klimatske spremembe, patogeni organizmi, povečanje ultravijoličnega (UV) sevanja, cestna infrastruktura in promet ter komercialna raba. (Stuart et al. 2003, Temple in Cox 2009, Collins 2010, Speybroeck in Beukema 2016) Populacije večine vrst dvoživk v Evropi so v upadanju (Temple in Cox 2009). Zaradi vse večje proizvodnje hrane, lesa in širjenja mest je fragmentiranost in izguba naravnih habitatov vse večja. Zato je veliko vrst vezanih na habitate, ki so nastali kot posledica človeške dejavnosti. Tudi te pol naravne habitate ogroža intenzifikacija kmetijstva, širjenje mest, razvoj infrastrukture, opuščanje rabe, zakisovanje, eutrofikacija in izginjanje gozdov (Temple in Cox 2009). Med te habitate spadajo tudi kali. Populacije, ki so v upadanju, so bolj občutljive na dodatne motnje, kot so tujerodne invazivne vrste in bolezni (Wake in Vredenburg 2008).

1.2.1.1 Tujerodne invazivne vrste

Na območju Kraškega roba in širše na Krasu veliko grožnjo kalom predstavljajo tujerodne invazivne vrste (France 2002, Lužnik in Zupan 2014). V več kalih so ljudje naselili zlate ribice (*Carassius auratus*). V okviru projekta LIKE - Living on the Karst Edge so pri nekaj kalih na Kraškem robu postavili informativne table z opozorilom naj ljudje v kal ne izpuščajo tujerodnih invazivnih vrst kot so zlate ribice in okrasne gizzdavke (*Trachemys scripta*): rdečevratka (*T. s. elegans*) in rumenovratka (*T. s. scripta*) (vir: informativna tabla pri kalu v Zazidu). V raziskavi, ki je vključevala 178 kalov v Kanadi so ugotavljali vpliv prisotnosti rib na pestrost dvoživk. Pestrost dvoživk je bila nižja v kalih, ki so imeli ribe. Prisotnost rib ni negativno vplivala na vse vrste dvoživk (Hecnar in Closkey 1997). Več avtorjev navaja negativno korelacijo med abundanco dvoživk in prisotnostjo tujerodnih vrst rib (France 2002, Beja in Alcazar 2003)

1.2.2 Varstveni status dvoživk

Leta 1998 je Slovenija podpisala Konvencijo o varstvu prostoživečega evropskega rastlinstva in živalstva ter njunih naravnih življenjskih prostorov (Bernska konvencija). S tem se je zavezala, da bo z ustreznimi potrebnimi zakonskimi in upravnimi ukrepi zagotovila ohranitev življenjskih prostorov prosto živečih rastlinskih in živalskih vrst, predvsem tistih, ki so navedene v dodatkih I in II. Leta 2002 je začel veljati Pravilnik o

uvrstitvi ogroženih rastlinskih in živalskih vrst v rdeči seznam, ki navaja kategorije ogroženosti vrst. Na seznamu so vse avtohtone vrste dvoživk Slovenije. Z vstopom Slovenije v Evropsko unijo (2004) je postala veljavna Direktiva o habitatih, ki varuje ogrožene vrste in habitatne tipe. Skupaj z Direktivo o pticah določa območja Natura 2000. Na podlagi Direktive o habitatih je opredeljeno tudi območje Natura 2000 »Kras«, del katerega je tudi Kraški rob. Hribski urh in veliki pupek, ki sta prisotna v kalih na Kraškem robu, sta kvalifikacijski vrsti za določitev Natura 2000 območij.

Preglednica 1: Varstveni status dvoživk, ki so bile opažene na Kraškem robu (IUCN - International Union for Conservation of Nature: LC – stanje ni zaskrbljujoče (ang. least concern); Slovenski rdeči seznam: O - vrsta zunaj nevarnosti, V - ranljiva vrsta; Habitatna direktiva: II – Priloga II – živalske in rastlinske vrste v interesu skupnosti, za ohranjanje katerih je treba določiti posebna ohranitvena območja ... IV – Priloga IV - živalske in rastlinske vrste v interesu skupnosti, ki jih je treba strogo varovati; Bernska konvencija: II – Dodatek II – strogo zavarovane živalske vrste, III – Dodatek III – zavarovane živalske vrste

Slovensko ime	Latinsko ime	IUCN	Slovenski rdeči seznam	Habitatna direktiva	Bernska konvencija
navadni močerad	<i>Salamandra salamandra</i>	LC	O		III
planinski pupek	<i>Ichtyosaura alpestris</i>	LC	V		III
navadni pupek	<i>Lissotriton vulgaris</i>	LC	V		III
veliki pupek	<i>Triturus carnifex</i>	LC	V	II, IV	III
hribski urh	<i>Bombina variegata</i>	LC	V	II, IV	II
navadna krastača	<i>Bufo bufo</i>	LC	V		III
zelena krastača	<i>Bufo viridis</i>	LC	V	IV	II
zelena rega	<i>Hyla arborea</i>	LC	V	IV	II
rosnica	<i>Rana dalmatina</i>	LC	V	IV	II
zelene žabe	<i>Pelophylax sp.</i>	LC	V	(IV, V)	III

1.3 Pregled raziskav dvoživk na Kraškem robu

Poboljšaj (2007) je v prispevku Dvoživke (Amphibia) Slovenskega primorja predstavila povzetek rezultatov med letoma 1993 in 2002. Do leta 1993 je bilo v Slovenskem primorju zabeleženih 10 vrst dvoživk. Za vsako vrsto je bilo v virih pred njeno raziskavo navedenih le nekaj najdišč. Z zemljevidov je mogoče razbrati, da je bilo vseh deset vrst zabeleženih tudi na Kraškem robu. Te vrste so: navadni močerad (*Salamandra salamandra*), veliki pupek (*Triturus carnifex*), navadni pupek (*Lissotriton vulgaris*), hribski urh (*Bombina variegata*), navadna krastača (*Bufo bufo*), zelena krastača (*Bufo viridis*), zelena rega (*Hyla arborea*), rosnica (*Rana dalmatina*) in predstavnik rodu zelenih žab (*Pelophylax sp.*). Zelena krastača je bila nazadnje na Kraškem robu zabeležena leta 1992, v kalu v vasi Zazid.

Spodnji kal v Socerbu je bil že pred leti močno onesnažen, zaradi iztekanja gnojil in organskih odpadkov iz okolice. Kal severno od vasi Kastelec je bil prepoznan kot pomembno mrestišče velikega pupka in zelene rege. V okviru projekta so populacijo velikih pupkov v kalu ocenili kot drugo največjo na Kraškem robu. V kalu južno od vasi Kastelec so v času izvajanja projekta že bile prisotne ribe, a so v njem še mrestili veliki pupki. Kal v Zazidu (ZAZ1) je imel v času trajanja projekta največjo populacijo zelene rege v projektnem območju (Kaligarič in sod. 2005).

Lužnik (2013) je v okviru doktorske disertacije med letoma 2006 in 2008 z metodo MRR (mark-release-recapture) ocenila velikosti populacije pupkov v kalih na Kraškem robu. Domnevno je takrat navadni pupek dosegal kriterij minimalne viabilne populacije na Kraškem robu, veliki pupek pa ne. Zabeležila je tudi prisotnost planinskega pupka (*Ichthyosaura alpestris*) v kalih v vasi Rakitovec (Lužnik 2013). Med letoma 2006 in 2013 so Lužnik in sod. (2014) raziskovali distribucijo in biodiverzitetu dvoživk in zooplanktona v 21 kalih na Kraškem robu. V kalih so zabeležili 9 vrst dvoživk (navadni močerad, navadni pupek, veliki pupek, planinski pupek, hribski urh, navadna krastača, zelena rega, rosnica, zelene žabe). V sedmih kalih so bile prisotne ribe (Preglednica 2). V dveh kalih z ribami v vasi Kastelec (KAS1) in (KAS2) so zabeležili veliko število vrst dvoživk. Zgornji kal v vasi (KAS1) v začetku raziskave ni imel rib, ribe so bile naseljene v kal v letu 2007.

Preglednica 2: Kali, obravnavani v projektu BioDiNet (Lužnik in sod. 2014) s podatki o lokaciji, prisotnosti rib in dvoživk ter o vključenosti v seznam naravnih vrednot. x in y – koordinati po...sistemu; ribe – zabeležena prisotnost rib; AMPH - št. vrst dvoživk od 2006 do 2013; NV – kal je zabeležen kot naravna vrednota v Naravovarstvenem atlasu; 2 – ribe prisotne od 2007.

	x	y	naselje	ribe	AMPH	NV
SOC1	45,58906	13,8591	Socerb		3	DA
SOC2	45,58899	13,85989	Socerb		8	DA
KAS1	45,58199	13,86924	Kastelec	Da ²	6	DA
KAS2	45,58364	13,87135	Kastelec	Da	5	DA
CRN1	45,55559	13,89599	Črnotiče		4	
CRN2	45,55036	13,90108	Črnotiče		6	DA
POD1	45,53987	13,89601	Podpeč		1	
HRA1	45,51406	13,89793	Hrastovlje		1	
HRA2	45,51233	13,89873	Hrastovlje		1	
HRA3	45,51105	13,89846	Hrastovlje		1	
DOL1	45,50238	13,91319	Dol pri Hrastovljah		4	DA
DOL2	45,49973	13,91511	Dol pri Hrastovljah	Da	1	
DOL3	45,49909	13,91398	Dol pri Hrastovljah	Da	1	
DOL4	45,4987	13,9131	Dol pri Hrastovljah	Da	1	DA
ZAZ1	45,50098	13,93096	Zazid		6	
ZAZ2	45,49166	13,94003	Zazid	Da	0	
RAK1	45,46887	13,97	Rakitovec		5	DA
RAK2	45,4698	13,96804	Rakitovec	Da	3	
RAK3	45,47031	13,97039	Rakitovec		5	
MOV1	45,47721	13,91291	Movraž		4	?

1.4 Cilji zaključne naloge

Cilji te zaključne naloge so:

- Preveriti prisotnost in oceniti abundanco ter uspešnost razmnoževanja dvoživk v izbranih kalih in drugih stojećih vodnih telesih na Kraškem robu.
- Preveriti prisotnost tujerodnih invazivnih vrst, predvsem rib.
- Ugotoviti kako različne značilnosti vodnih teles (biotske, kemijske, fizikalne, hidromorfološke) vplivajo na združbo dvoživk.

S tem namenom smo v spomladanskih mesecih opravili meritve stanja vode (pH, prevodnost, nitriti, temperatura vode, koncentracija kisika, nasičenost s kisikom), ocenili hidromorfološke parametre ter beležili nekaj drugih okoljskih dejavnikov kot so: prisotnost makrofitov, osončenost, motnost vode. Hkrati smo spremljali vrstno sestavo in ocenili številčnost dvoživk. Da bi ugotovili kateri dejavniki vplivajo na združbo dvoživk v kalih, smo s pomočjo multivariatnih analiz primerjali različne kale in druga vodna telesa.

- Narediti primerjavo ustreznosti različnih kalov za dvoživke s pomočjo multivariatnih analiz. Ugotoviti kateri kali imajo večjo biodiverzitetu in zakaj.
- Ugotoviti kateri biotski in abiotski dejavniki vplivajo negativno in kateri pozitivno na združbo dvoživk v kalih.

2 METODE DELA

2.1 Vključena vodna telesa

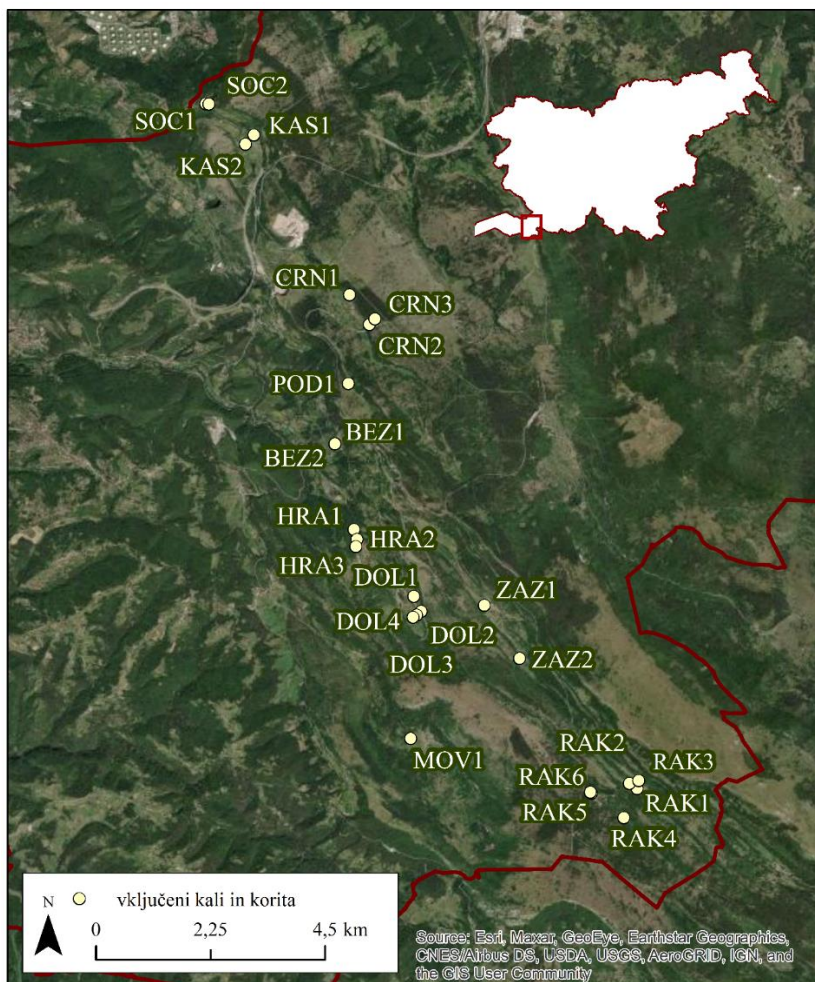
Stanje vodnih teles in prisotnost dvoživk smo preverjali v 26 izbranih kalih in koritih na Kraškem robu. Terensko delo z meritvami in popisi je potekalo od februarja do junija, pred tem smo decembra 2019 opravili ogled predvidenih lokacij. Datumi popisov in razmiki med popisi so navedeni v Preglednici 4.

Preglednica 3: Datumi popisov in razmiki med popisi

mesec	februar	marec	april	maj	junij
dan v mesecu	25., 27.	19.	21., 23.	13., 14.	16., 17
razmik med popisi (v dneh)	20	32	19	32	

Preglednica 4: Seznam vključenih vodnih teles z osnovnimi informacijami

	lat	lon	tip kala	nadmorska višina (m)	površina kala (m ²)
SOC1	45,58906	13,8591	3	387	41
SOC2	45,58899	13,85989	3	394	69
KAS1	45,58199	13,86924	3	316	38
KAS2	45,58364	13,87135	3	350	36
CRN1	45,55559	13,89599	3	401	8
CRN2	45,55036	13,90108	3	417	74
CRN3	45,55139	13,90246	1	427	2
POD1	45,53987	13,89601	2	395	7
BEZ1	45,52921	13,89288	1	125	2
BEZ2	45,52917	13,89282	2	125	5
HRA1	45,51406	13,89793	1	185	2
HRA2	45,51233	13,89873	1	183	3
HRA3	45,51105	13,89846	1	194	1
DOL1	45,50238	13,91319	3	220	39
DOL2	45,49973	13,91511	3	221	15
DOL3	45,49909	13,91398	2	197	14
DOL4	45,4987	13,9131	2	187	17
ZAZ1	45,50098	13,93096	3	377	137
ZAZ2	45,49166	13,94003	3	415	550
RAK1	45,46887	13,97	2	517	500
RAK2	45,4698	13,96804	2	510	14
RAK3	45,47031	13,97039	3	551	37
RAK4	45,46371	13,96675	3	502	400
RAK5	45,46797	13,95852	2	506	100
RAK6	45,46815	13,95828	2	505	20
MOV1	45,47721	13,91291	3	203	287

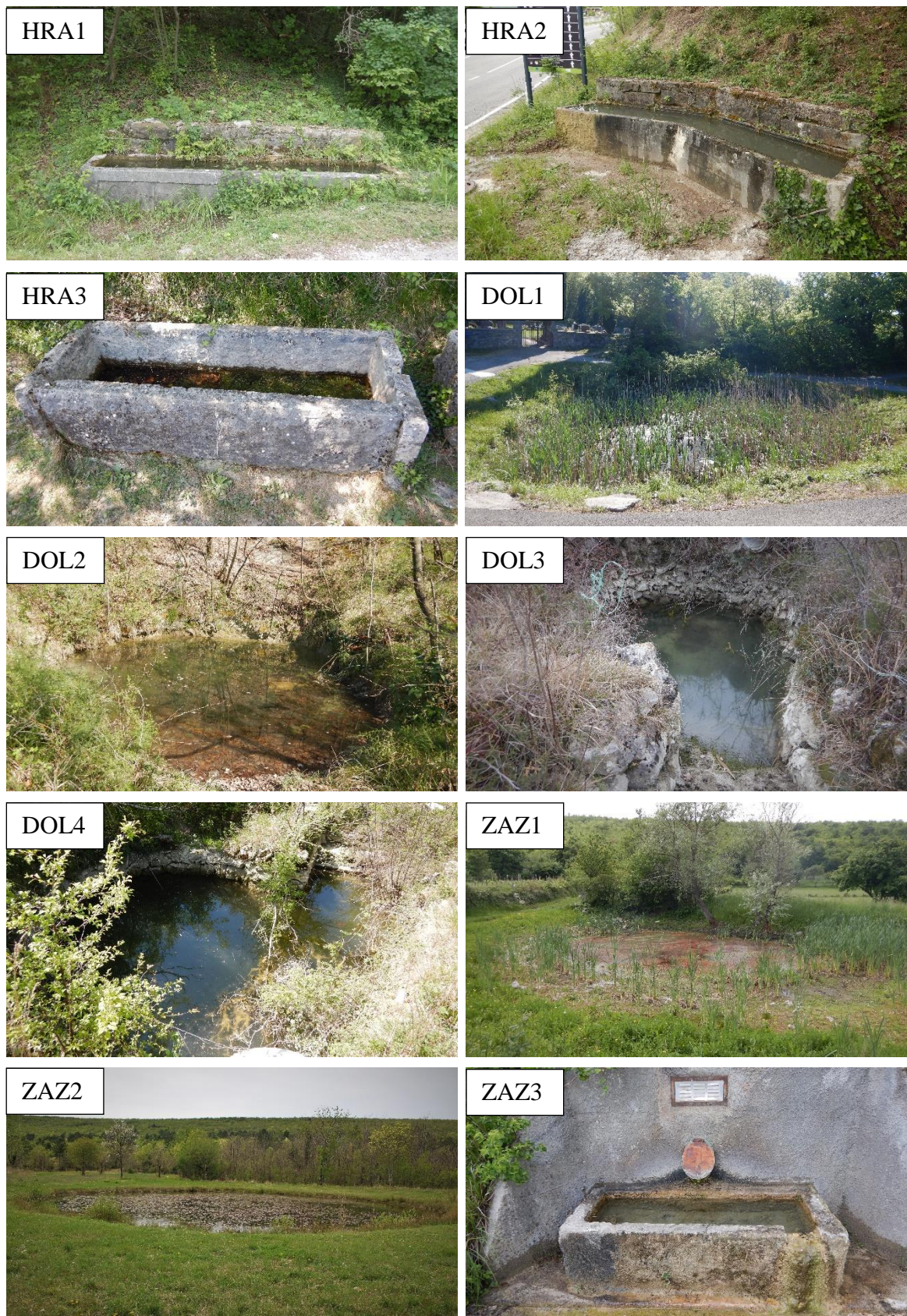


Slika 1: Zemljevid vključenih vodnih teles

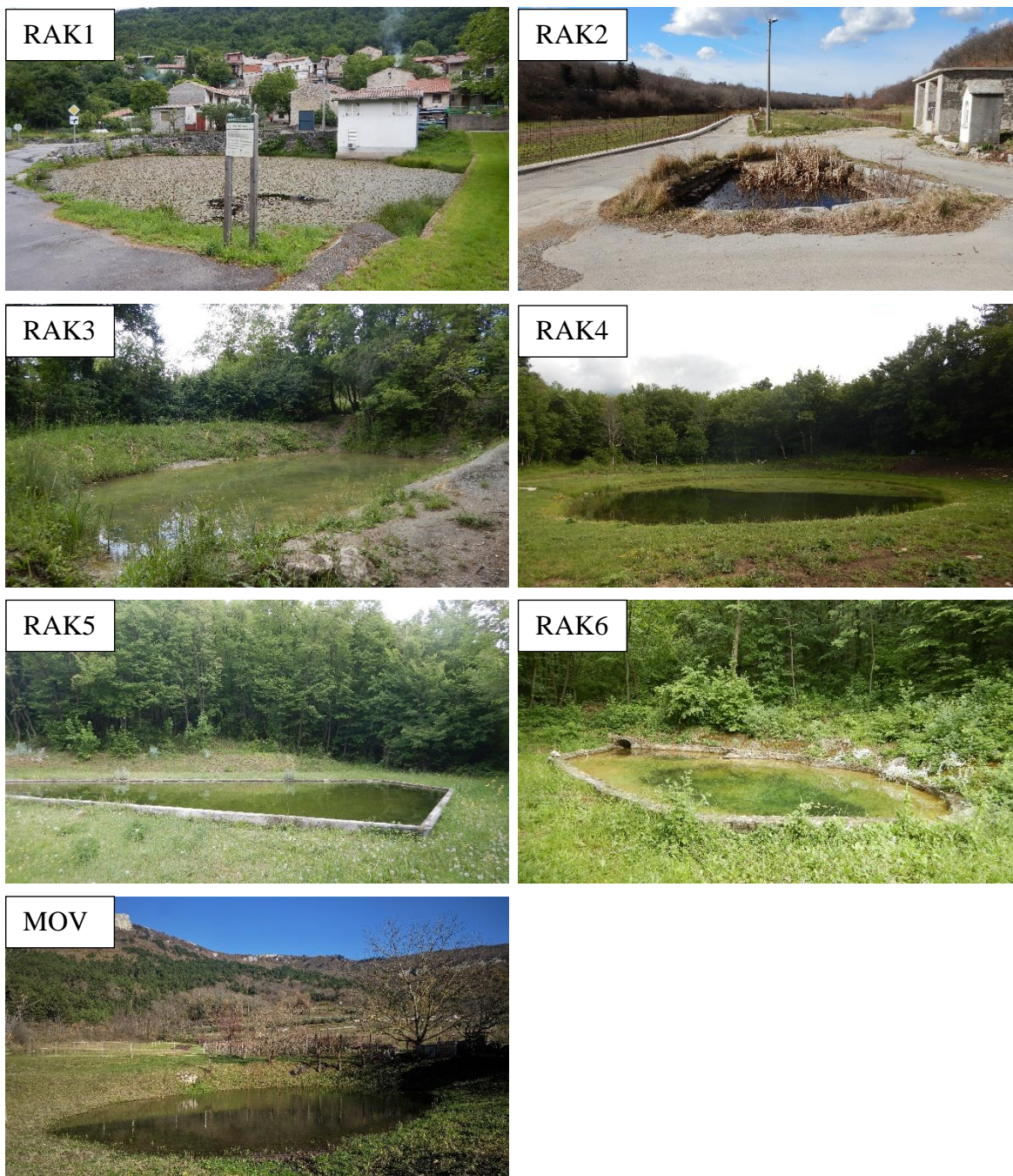
Kali, ki smo jih vključili v raziskavo, so prikazani na Slikah 2, 3 in 4. Izbrali smo fotografije iz različnih mesecev, ko je bilo vodno telo najbolj vidno.



Slika 2: Fotografije obravnavanih kalov na Kraškem robu, ki so bili fotografirani v različnih mesecih (pripisano pri oznaki kala). SOC1 – marec, SOC2 – februar, KAS1 – marec, KAS2 – junij, CRNO1 – december, CRN2 – junij, CRN3 – junij, POD1 – maj, BEZ1 – april, BEZ2 – april



Slika 3: Fotografije obravnavanih kalov na Kraškem robu, ki so bili fotografirani v različnih mesecih (pripisano pri oznaki kala). HRA1 – junij, HRA2 – maj, HRA2 – april, ZAZ1 – maj, DOL1 – april, DOL2 – marec, DOL3 – februar, DOL4 – april, ZAZ2 – april, ZAZ3 – junij



Slika 4: Fotografije obravnavanih kalov na Kraškem robu, ki so bili fotografirani v različnih mesecih (pripisano pri oznaki kala). RAK1 – junij, SOC6 – junij, RAK4 – junij, RAK5 – maj, RAK2 – februar, RAK3 – junij, MOV – december

2.2 Popisi vodnih teles

Vsako vodno telo smo ob vsakem popisu najprej slikali. Čas popisa smo prilagodili glede na velikost. Na začetku in na koncu popisa smo zapisali čas. Parametre smo popisovali v naslednjem vrstnem redu:

- merjenje kemijskih in fizikalnih parametrov,
- jemanje vzorcev vode,
- preverjanje prisotnosti in ocena abundance dvoživk,
- ocenjevanje in merjenje hidromorfoloških parametrov.

2.2.1 Ocena zastopanosti dvoživk

Zabeležili smo vse opažene vrste dvoživk po stadijih. Pred začetkom vzorčenja z vodno mrežo smo vedno prešteli vse dvoživke, ki so plavale ali odskočile v vodo ob našem prihodu.

Na podlagi števila opaženih osebkov in zastopanosti stadijev smo ocenili abundanco dvoživk po naslednji lestvici (prirejena po France 2002), za vsako vodno telo in vsako vrsto posebej:

0 – vrsta ni zastopana;

1 – zastopanost posameznega odraslega osebka, v nekaterih primerih pa drugega razvojnega stadija;

2 – posamezna zastopanja več stadijev, največkrat odraslih in mrestov; ali večja zastopanost enega stadija;

3 – zastopanost srednjega števila odraslih, mrestov oz. jajc in ličink;

4 – zastopanost velikega števila odraslih, mrestov oz. jajc in ličink;

5 – zastopanost velikega števila odraslih, mrestov oz. jajc in ličink in/ali potrjena preobrazba v mlade osebkke.

2.2.1.1 Ocena velikosti populacije navadnih pupkov v Hrastovljah

V dveh koritih v Hrastovljah (HRA1 in HRA2) smo z metodo MRR po Schnabelovi metodi ocenili velikost populacije navadnih pupkov. Ob vsakem popisu (od februarja do junija, pet vzorčenj) smo ujeli vse opažene osebkke. Poslikali smo jim vzorce na ventralni strani telesa. Kasneje smo slike vzorcev primerjali in tako ugotovili število ponovnih ulovov.

2.2.3 Hidromorfološki parametri

Ob prvem obisku kala oz. vodnega telesa smo z metrom izmerili njegovo dolžino (daljšo stranico) in širino (krajšo stranico), pri manjših koritih pa tudi globino. Globino kalov smo izmerili med vzorčenjem.

Za vsako vodno telo smo zapisali tudi:

- tip substrata: 1 – ilovica, 2 - beton ali večji kamni;
- tip vodnega telesa: 1 - manjše korito, 2 – betonski oz. kamnit kal, kjer je voda v celoti ali skoraj v celoti obdana s kamni ali betonom, večje od korita, 3 - kal v kotanji na travniku ali gozdu;
- največji in najmanjši naklon;
- osončenost.

Ob vsakem popisu smo ocenili:

- motnost vode po naslednji lestvici: 1 - vidljivost manj kot 10 cm; 2 - vidljivost manj kot 30 cm; 3 - vidljivost več kot 30 cm;
- pokrovnost z makrofiti (v %);
- pokrovnost z obrežno vegetacijo.

Zabeležili smo tudi prisotnost tujerodnih vrst rib ter drugih plenilcev dvoživk: kačjih pastirjev, in dveh vrst vodnih kač; belouške (*Natrix natrix*) in kobranke (*Natrix tessellata*). Ob vsakem obisku smo beležili vreme, kar bi nam lahko pojasnilo morebitna odstopanja zabeleženih parametrov (npr. zaradi obilnega dežja).

2.2.4 Fizikalno kemijski parametri

2.2.4.1 Meritve na terenu

Pred začetkom vzorčenja z vodno mrežo (oz. mešanja vode) smo s prenosnim merilcem HACH HQ40d in sondo LDO izmerili temperaturo (°C) vode ter koncentracijo kisika (mg/l) in nasičenost vode s kisikom (%). Iz vsakega vodnega telesa smo ob vsakem vzorčenju vzeli dva vzorca vode (0,5 L in 0,1 L) za kasnejše analize. Vzorca smo vzeli 0,5 m od roba vodnega telesa, oz. na sredini pri koritih, ki niso bila širša od 0,5 m. Merili in vzorčili smo vedno na istih mestih. Vzorce smo označili in jih pospravili v hladilno torbo, kasneje isti dan dali v zamrzovalnik.

2.2.4.2 Meritve v laboratoriju

V laboratoriju smo odtajanim vzorcem vode izmerili elektroprevodnost (qS/cm), pH in nitrate (mg/l). Nitrate in pH smo izmerili s prenosnim merilcem HACH HQ40d in ustreznimi sondami. Prevodnost smo izmerili z napravo Mettler toledo.

2.3 Analize podatkov

Podatke smo analizirali v programu Excel 2016 in programu PAST 4.03 (Hammer 2019). Excelu smo izrisali okvirje z ročaji za vse meritve (temperaturo, kisik, prevodnost, pH, nitrate) za vsak kal posebej.

V programu PAST smo z analizo združevanja (cluster analiza) po Wardovi metodi izrisali drevo podobnosti vodnih teles, glede na oceno abundance dvoživk po kalih. V istem programu smo naredili tudi Nemetrično multidimenzionalno skaliranje (ang. Non-metric multidimensional scaling – NMDS) in Kanonično korespondenčno analizo (ang. Canonical correspondence analysis – CCA). Manjkale so nam meritve za kale, ki so bili ob kakšnem popisu suhi (SOC1, SOC2, CRN1, CRN2, MOV1) ali smo jih vključili kasneje (RAK4, CRN3).

Za obe analizi (CCA in NMDS) smo naredili izbor vključenih podatkov na podlagi izločevanja po enega izmed parov z visoko korelacijo.

Vzeli smo naslednje podatke:

- fizikalno-kemijske parametre,
- podatek o prisotnosti vode po mesecih,
- prosojnost vode po mesecih,
- osončenost kalov,
- pokrovnost obrežne vegetacije,
- pokrovnost makrofitov,
- podatke o velikosti kala (dolžino, širino in globino),
- substrat,
- tip kala in
- naklon (minimalni in maksimalni).

Korelacije smo izračunali po Spearmanovem korelacijskem koeficientu (Spearman correlation coefficients). Za pare, ki so korelirali z 0,6 ali več smo izbrali po en parameter, da bi izločili čim več ničelnih podatkov.

Ocena abundance vrst pa je predstavljala odvisno spremenljivko.

Obe analizi (CCA in NMDS) smo naredili iz tako ustvarjene matrike podatkov.

Po izločanju je matrika vsebovala le parametre: temperatura februar, temperatura maj, temperatura junij, koncentracija kisika april, koncentracija kisika maj, koncentracija kisika junij, nitrati maj, nitrati junij, prevodnost junij, pH februar, pH maj, pH junij, prisotnost rib, seštevek prisotnosti vode, prosojnost vode marec, prosojnost vode junija, osončenost kala, obrežna vegetacija, pokrovnost z makrofiti, globina kala, dolžina kala, maksimalni naklon. Ker pa za nekaj parametrov še vedno ni bilo vrednosti smo nekaj kalov iz analize izključili (tiste, ki so bili večkrat suhi ali smo jih vključili pozneje).

3 REZULTATI Z DISKUSIJO

3.1 Stanje vodnih teles

Od 26 kalov in korit je bilo v času petih obiskov spomladi 2020 šest kalov občasno suhih. Največkrat je bil suh kal v Movražu (MOV1), kar štirikrat, saj je le marca imel vodo. Ostalih 20 kalov in korit je ob vseh obiskih vsebovalo vodo. Nekaj se jih po besedah domačinov kasneje v sezoni presuši ali skoraj presuši: kal v Zazidu (ZAZ1), korita ob cesti do Hrastovelj (HRA1, HRA2, HRA3), kal pri pokopališču v Dolu pri Hrastovljah (DOL1) in kal nad Kastelcem (KAS1). Na stanje in količino vode vpliva predvsem količina padavin, ki vodo v kalih razredči, poleg tega pa tudi temperatura v preteklih tednih in s tem povezana evaporacija. Po podatkih ARSO je bilo pri merilni postaji v Dolu pri Hrastovljah in v Rakitovcu največ padavin v začetku marca (največ 70 mm/dan – 2.3.2020) in v začetku junija (43 mm/dan – 10.6.2020). Marca nismo opravljali kemijsko-fizikalnih meritev. Padavine v začetku junija pa so razredčile vode v kalih in s tem predvidoma vplivale na stanje vode v kalih. Ribe so bile pomladi 2020 prisotne v šestih kalih. V Prilogi C je navedena prisotnost stadijev dvoživk po kalih po mesecih. V prilogi B pa hidromorfološki parametri vodnih teles.

Preglednica 5: Podatki o kalih: oznaka kala, popis in prisotnost vode v času popisa po mesecih: ● – opravili popis, voda prisotna, ○ – opravili popis, vode ni bilo, prazno – nismo obiskali; ribe – prisotnost rib spomladi 2020, ODONATA – prisotnost kačjih pastirjev (kateregakoli stadija), NNAT – opažena belouška (*Natrix natrix*); NTES – kobranka (*Natrix tessellata*); DVOŽIVKE – število popisanih vrst dvoživk spomladi 2020, makrofiti – prisotnost makrofitov; * - nitaste zelene alge.

Oznaka vodnega telesa	februar	marec	april	maj	junij	ribe	ODONATA	NNAT	NTES	št. vrst dvoživk 2020	makrofiti
SOC1	○	●	○	○	●					3	DA
SOC2	○	●	○	○	●					1	DA
KAS1	●	●	●	●	●		DA			4	DA
KAS2	●	●	●	●	●	DA	DA			4	DA
CRN1	○	●	○	○	●					4	DA
CRN2	○	●	○	○	●					3	DA
CRN3		●	●	●	●					3	NE
POD1	●	●	●	●	●		DA	DA		3	NE
BEZ1	●	●	●	●	●					0	DA
BEZ2	●	●	●	●	●	DA				0	NE*
HRA1	●	●	●	●	●		DA			1	DA
HRA2	●	●	●	●	●		DA	DA		1	DA
HRA3	●	●	●	●	●					1	DA
DOL1	●	●	●	●	●		DA	DA		5	DA
DOL2	●	●	●	●	●		DA			3	DA
DOL3	●	●	●	●	●		DA			3	DA
DOL4	●	●	●	●	●	DA	DA	DA		1	NE
ZAZ1	●	●	●	●	●		DA			5	DA
ZAZ2	●	●	●	●	●	DA	DA	DA		3	DA
RAK1	●	●	●	●	●	DA	DA	DA	DA	4	DA
RAK2	●	●	●	●	●	DA	DA			3	DA
RAK3	●	●	●	●	●		DA			5	DA
RAK4				●	●		DA			4	DA
RAK5	●	●	●	●	●					5	NE
RAK6	●	●	●	●	●					4	NE
MOV1	○	●	○	○	○		DA			4	NE

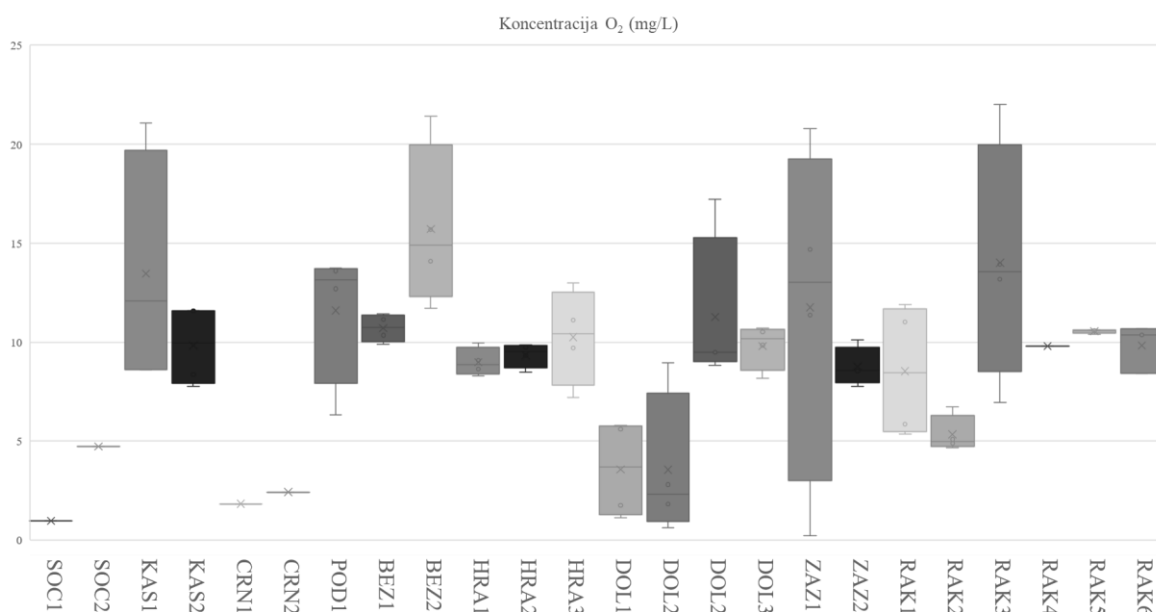
Kali v katerih se izmenjujeta vodna in suha faza imajo navadno manj predatorjev. RIBE ne morajo preživeti, če se kal za dlje časa posuši. Take kale dvoživke pogosto raje izbirajo za razmnoževanje (Temple in Cox 2009). V nekaj kalih so bile ribe v preteklosti prisotne, zdaj pa niso več. V zgornje kalu v Kastelcu (KAS1) so bile naseljene leta 2007. Verjetno je njihovo izginotje krivo presuševanje kala. Prav tako so bile ribe med letoma 2006 in 2013 opažene v treh kalih v Dolu pri Hrastovljah (DOL2, DOL3 in DOL4). V DOL4 so še vedno prisotne. Iz DOL2 pa jih je ob suši, ko je bilo vode malo, ven pobral domačin (Zdravko, osebni stik 2020). V šestih kalih smo opazili belouško (*Natrix natrix*). Belouške se hranijo pretežno z žabami in krastačami, pa tudi z ribami (Speybroeck in sod. 2016). Le

v enem kalu (RAK1) opazili kobranko (*Natrix tessellata*). Našli smo več juvenilnih osebkov kobranke, kar potrjuje razmnoževanje te vrste v kalu. Kobranka se večinoma prehranjuje z ribami (Speybroeck in sod. 2016), ki so v tem kalu zelo številčne.

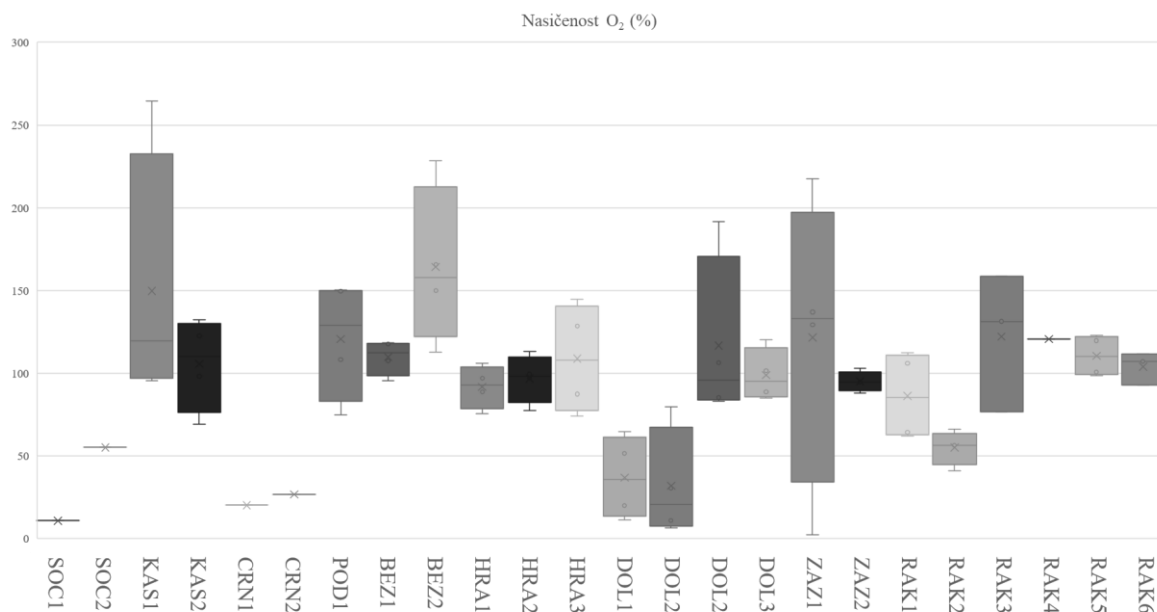
Beležili smo tudi prisotnost stadijev kačjih pastirjev. Ličinke kačjih pastirjev plenijo ličinke dvoživk. Kačji pastirji (vsi stadiji) so bili odsotni le v občasno presušeni kalih (SOC1, SOC2, CRN1, CRN2, CRN3, HRA3) in v močno zasenčenih (RAK4 in RAK5) in v obeh kalih v Bezovici, kjer prav tako nismo zabeležili prisotnosti dvoživk. Makrofiti so manjkali v sedmih vodnih telesih. Manjkali so v koritu v Črnotičah (ČRN3), kjer je vode precej malo, se zaradi direktne osončenosti verjetno večkrat presuši in nima ustreznega substrata; v betoniranem zajetju vode v Podpeči (POD1); v zajetju v Bezovici (BEZ2) – tu je bilo prisotnih precej nitastih alg, ki so višale vrednosti kisika; v spodnjem kalu v Dolu pri Hrastovljah; v obeh betoniranih zajetjih v Rakitovcu (RAK5 in RAK6); ter v kalu v Movražu (MOV), kjer je bila voda v času naših popisov prisotna le marca. Največjo gostoto ličink smo opazili junija v obeh kalih v Socerbu (SOC1 in SOC2). Zaradi ne stalnosti vode v teh dveh kalih v tej sezoni, ni bilo prisotnih skoraj nič dvoživk, ki bi nadzorovale populacijo ličink komarjev in drugih nevretenčarjev.

3.2 Kemijsko-fizikalno stanje vode

Stanje fizikalnih in kemijskih dejavnikov (nasičenost s kisikom, koncentracija kisika, koncentracija nitratov, pH, prevodnost in temperatura vode) v vseh proučevanih vodnih telesih smo prikazali z okvirji z ročaji na Slikah 5 – 10. Vrednosti meritev po mesecih so zapisane v prilogi A.

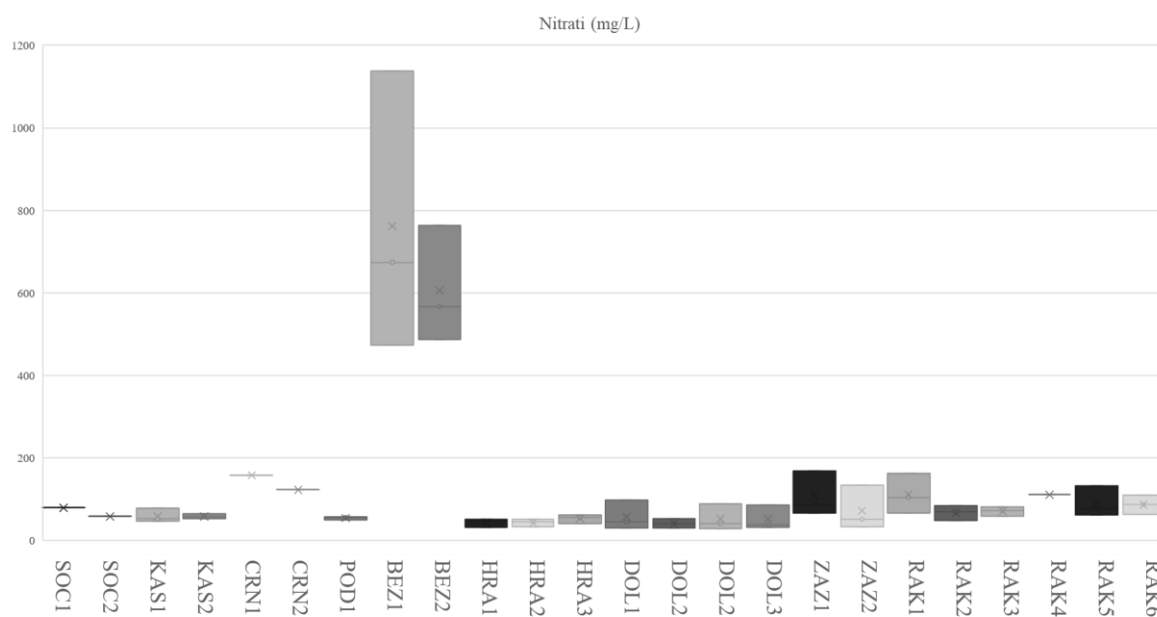


Slika 5: Prikaz koncentracije kisika (mg/l) z okvirji z ročaji po kalih.



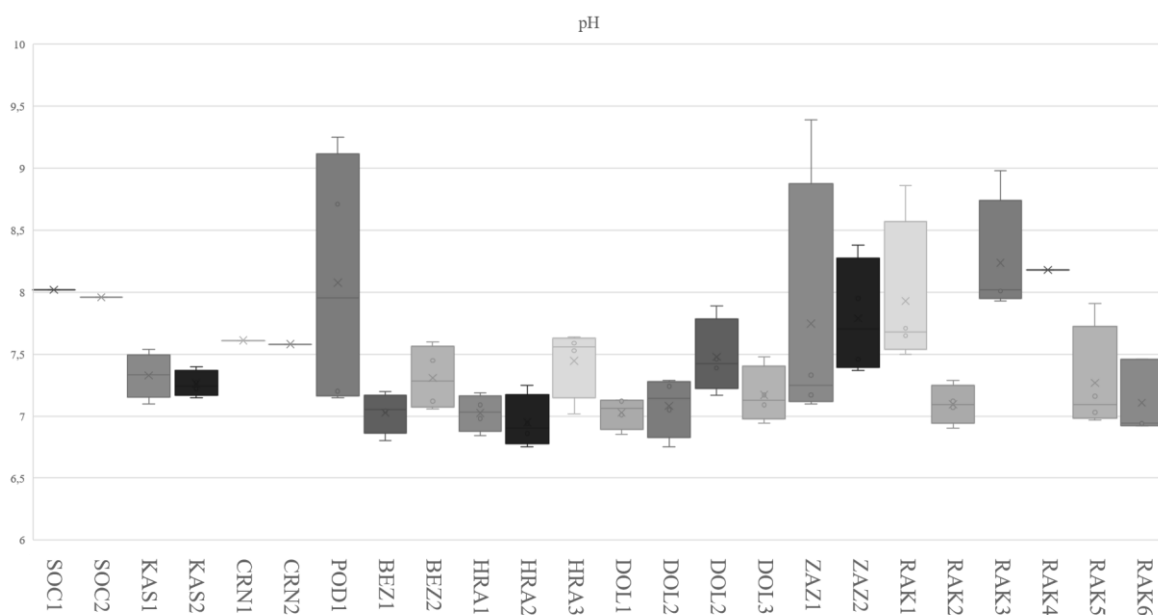
Slika 6: Prikaz nasičenosti s kisikom (%) z okvirji z ročaji po kalih.

Koncentracijo nitratov smo v vzorcih vode izmerili štirikrat: februarja, aprila, maja in junija. Vendar smo meritve iz februarja izključili iz analiz, ker je naprava zaznala vrednosti le prvih dveh vzorcev. Vse ostale vrednosti so bile izven okvirjev meritve. Povprečna vrednost nitratov je bila najvišja maja, najnižja pa aprila (Priloga 1). Večina izmerjenih vrednosti nitratov je bila med 50 in 150 mg/l. (Slika 6 in Priloga A). Izjemi sta bili vodni telesi BEZ1 in BEZ2, kjer so vrednosti nitratov vedno presegle 400 mg/l, najvišje vrednosti nitratov smo izmerili aprila (1138 mg/L v BEZ1 in 764 mg/L v BEZ2).



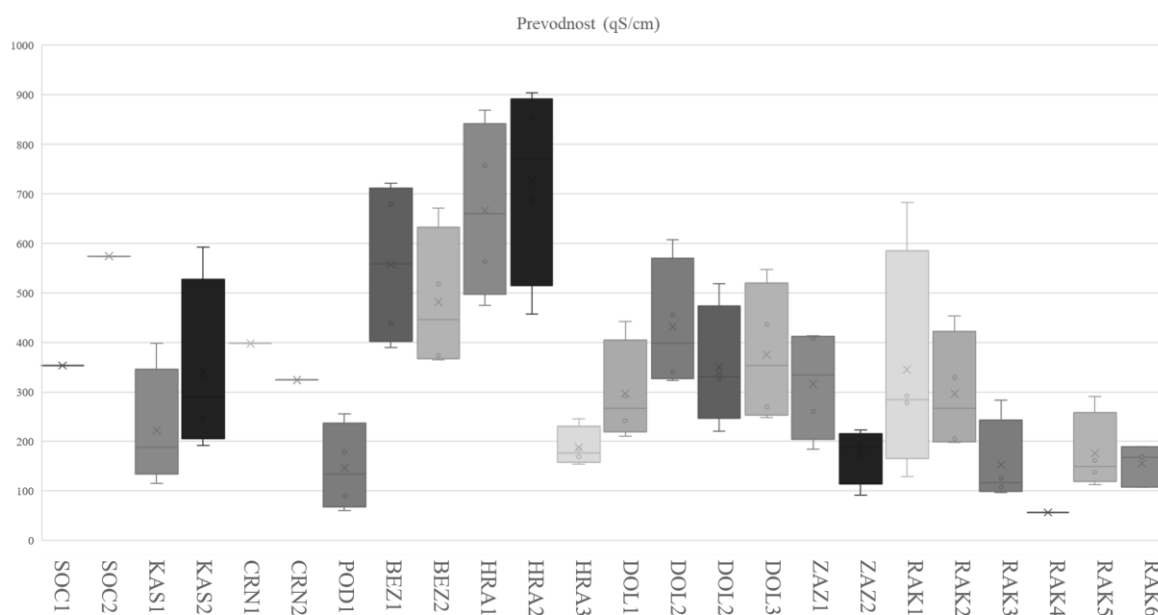
Slika 7: Prikaz vrednosti nitratov (mg/l) z okvirji z ročaji po kalih.

pH je bil v povprečju najvišji februarja, najnižji pa aprila (Priloga 1). Najvišjo vrednost smo izmerili v ZAZ1 februarja (9,39) in v POD1 aprila (9,25) (Slika 4). Najnižja izmerjena vrednost je bila 6,75 (v DOL2 in HRA2).



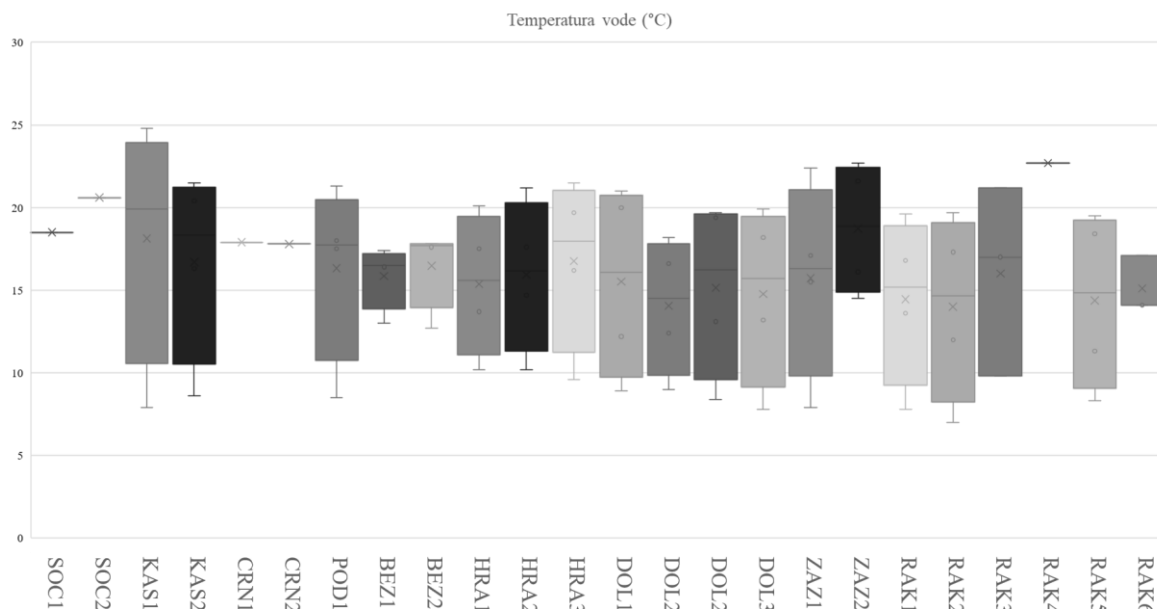
Slika 8: Prikaz vrednosti pH z okvirji z ročaji po kalih.

Tudi prevodnost je bila v povprečju najvišja februarja, najnižja pa je bila maja (Priloga A). Najvišje vrednosti smo izmerili v koritih v Hrastovljah (HRA1 in HRA2), koritu in zajetju v Bezovici (BEZ1 in BEZ2) (Slika 5). Najnižjo povprečno vrednost prevodnosti je imel kal v Podpeči (POD1) (aprila le 60 mg/l).



Slika 9: Prikaz prevodnosti (qS/cm) z okvirji z ročaji po kalih.

Temperatura vode je v povprečju naraščala od februarja do junija (Priloga 1). Najnižje temperature vode smo izmerili v nekaj kalih, ki so povezani z izviri ali drugim virom vode – DOL2, RAK1, RAK6 (Slika 6). Najvišje temperature pa so dosegala najbolj osončena vodna telesa – KAS2, HRA3, ZAZ2.



Slika 10: Prikaz temperature (°C) z okvirji z ročaji po kalih.

Preglednica 6: Lestvica za vrednotenje stanja kala

Razred/parameter	pH	O ₂ (mg/l)	Dušik
1	< 7.07	>150	0-12
2	7.081 - 7.73	120-149	12-16
3	7.74-8.38	84-119	16-25
4	8.39-9.04	48-83	25-90
5	>9.7	<47	<90

Stanje kalov smo ocenili na podlagi razredov za kemijske parametre, ki so definirani v zgornji preglednici. Ocena kala pomeni: 1 - zelo dobro stanje, 2 - dobro stanje, 3 – zadovoljivo, 4 – slabo, 5 - zelo slabo. Za kale, ki so bili ob več popisih suhi je ocena manj zanesljiva (SOC1, SOC2).

Preglednica 7: Vrednotenje stanja kalam na podlagi nasičenosti s kisikom, vrednosti dušika in pH.

	nasičenost			Ocena kala
	s kisikom	N-dušik	pH	
SOC1	5	3	3	4
CRN2	5	4	2	4
CRN1	5	4	2	4
SOC2	4	2	3	3
BEZ1	3	5	1	3
ZAZ2	3	3	3	3
RAK1	3	3	3	3
DOL2	5	1	2	3
RAK2	4	2	2	3
DOL1	5	2	1	3
BEZ2	1	5	2	3
ZAZ1	2	3	3	3
RAK4	2	3	3	3
RAK5	3	3	2	3
RAK6	3	3	2	3
RAK3	2	2	3	2
POD1	2	2	3	2
KAS2	3	2	2	2
DOL3	3	1	2	2
HRA3	3	1	2	2
DOL4	3	1	2	2
KAS1	2	2	2	2
HRA2	3	1	1	2
HRA1	3	1	1	2

Na prisotnost vrst vpliva tudi fizikalno-kemijsko stanje vode. Zelo nizke so bile vrednosti kisika v DOL1, DOL2 in RAK2 (Priloga A) zaradi razgradnje organskega materiala. Zelo nizka je bila vrednost saturacije kisika v ZAZ1 maja (2,3 mg/l), ko je bil kal preraščen s cianobakterijami, vode v kalu pa je bilo malo. Po besedah domačinov se je kal nekaj dni kasneje za nekaj dni posušil. Do našega obiska v juniju (32 dni kasneje) je kal ponovno napolnila voda, koncentracija kisika pa se je dvignila na 137 mg/l. Koncentracije nižje od 5 mg/l lahko negativno vplivajo na preživetje in delovanje organizmov, kar bi morda lahko pojasnilo manjše število dvoživk v nekaterih kalih. V kalu DOL2 aprila maja in junija nismo zabeležili nobene dvoživke. Koncentracije kisika so bile aprila 1,83 mg/l, maja 0,63 mg/l in junija 2,82 mg/l. Aprila smo opazili le prazne mreste rosnice, ki so v kalu začele mrestiti že februarja (Priloga C). V dveh vodnih telesih v Bezovici nismo našli nobene dvoživke. Poleg visokih vrednosti nitratov so v BEZ2 prisotne še ribe, gospa, ki skrbi za zajetje pa redno odstranjuje vso rastlinje iz vode in ponovno naseljuje ribe. Od vključenih vodnih teles imajo tista z manj vrstami dvoživk višje vrednosti nitratov.

3.3 Zastopanost in abundanca dvoživk

Pomladi 2020 smo v kalih na Kraškem robu popisali šest vrst dvoživk (Preglednica 8). Največ vrst smo opazili maja in junija (vseh šest), najmanj pa februarja (štiri), ko vse vrste še niso bile aktivne (Priloga C). V največ vodah sta se pojavljala navadni pupek (19) in rosnica (17). V najmanj pa zelene žabe (6) in hribski urh (7). Največ zabeleženih vrst v enem kalu je bilo pet – toliko vrst smo popisali v kalih RAK5, RAK3, ZAZ1, DOL1. V dveh vodnih telesih v Bezovici (BEZ1 in BEZ2) nismo potrdili prisotnosti dvoživk.

V spodnji preglednici je za vsako vodno telo podana ocena abundance dvoživk. Ocena je narejena na podlagi števila osebkov, števila stadijev in uspešnosti razmnoževanja. Točna lestvica je zapisana v metodah dela.

Preglednica 8: Prisotnost in abundanca dvoživk v vodnih telesih spomladi 2020. Ocena – ocena abundance dvoživk po lestvici, ki je zapisana v metodah dela; SUM – seštevek ocen po vrstah za vse kale skupaj, * - prisotnost rib 2020

Oznaka vodnega telesa	LVUL	TCAR	BVAR	BBUF	RDAL	PELO	št. vrst v vodnem telesu	OCENA
SOC1	0	1	0	0	1	2	3	4
SOC2	0	1	0	0	0	0	1	1
KAS1	3	3	0	0	5	3	4	14
KAS2*	0	0	1	5	1	4	4	11
CRN1	1	1	2	0	1	0	4	5
CRN2	1	1	0	0	2	0	3	4
CRN3	0	0	2	0	1	1	3	4
POD1	2	0	1	2	0	0	3	5
BEZ1	0	0	0	0	0	0	0	0
BEZ2*	0	0	0	0	0	0	0	0
HRA1	3	0	0	0	0	0	1	3
HRA2	3	0	0	0	0	0	1	3
HRA3	2	0	0	0	0	0	1	2
DOL1	2	1	0	1	5	1	5	10
DOL2	1	1	0	0	3	0	3	5
DOL3	1	2	1	0	0	0	3	4
DOL4*	0	0	0	3	0	0	1	3
ZAZ1	2	2	2	2	3	0	5	11
ZAZ2*	2	0	0	5	2	0	3	9
RAK1*	2	2	0	2	1	0	4	7
RAK2*	2	0	0	2	2	0	3	6
RAK3	3	3	5	2	3	0	5	16
RAK4	2	1	0	2	4	0	4	9
RAK5	4	4	0	3	4	1	5	16
RAK6	2	1	0	1	1	0	4	5
MOV1	2	1	0	1	2	0	4	6
SUM	40	25	14	31	41	12		
št. lokacij	19	15	7	13	17	6		

Že februarja smo popisali štiri vrste dvoživk: navadnega pupka (*Lissotriton vulgaris*), velikega pupka (*Triturus carnifex*), navadno krastačo (*Bufo bufo*) in rosnico (*Rana dalmatina*). Marca in aprila smo poleg omenjenih štirih vrst popisali še predstavnike zelenih žab (*Pelophylax sp.*), maja in junija pa še hribske urhe (*Bombina variegata*). Od vseh šestih zabeleženih vrst smo popisali vse tri stadije: mreste, paglavce in odrasle osebe pri brezrepnih dvoživkah in jajčeca, ličinke in odrasle osebe pri repatih dvoživkah.

V petih mesecih vzorčenja kalov na Kraškem robu smo zaznali prisotnost šestih vrst dvoživk, od devetih pričakovanih. Najpogostejši je bil navadni pupek (*Lissotriton vulgaris*). Prisoten je bil v 19 od 26 vključenih kalov in korit. Ni izbirčen, pojavlja se v

različnih naravnih in umetnih habitatih (Vukov 2008). Med našo raziskavo ga nismo zaznali le: v dveh kalih, ki sta bila večino časa presušena (SOC1 in SOC2), v treh kalih z ribami (KAS2, BEZ2, DOL4) in v dveh koritih (BEZ1 in CRN3). Analiza CCA za navadnega pupka ni pokazala habitatnih preferenc. V enem izmed kalov v Rakitovcu (RAK4) smo ujeli nekaj osebkov neoteničnih navadnih pupkov. Kal so po besedah domačinov pred dvema letoma prenovili. Kal nima rib. Denoel in sod. (2005) kot razlog izginjanja neoteničnih predstavnikov iz populacij navajajo naselitev rib.

Velikega pupka (*Triturus carnifex*) smo zabeležili v 15 kalih. Izogiba se kalom z ribami. Pogost je bil v kalih, ki so imeli junija dobro vidljivost. V kalih, ki smo jih popisovali ima veliki pupek bolj specifične habitatne zahteve kot navadni pupek.

Navadno krastačo (*Bufo bufo*) smo zabeležili v 13 kalih. Našli smo jo v bolj globokih, osončenih kalih, ki se ne izsušujejo. Stalna voda omogoča preživetje ribam. Je edina predstavnica dvoživk, ki se je uspešno razmnoževala v več kalih z ribami. Njena strupenost odvrča predatorje, tudi ribe. Ribe pojedjo manj mrestov navadne krastače kot mrestov drugih vrst (Speybroeck and Beukema 2016). Navadno je v populaciji navadne krastače več samcev kot samic. Med mrestenjem v kalu na Ravnah (ZAZ1) je bilo v vodi več polnih samic, ki so iskale samce.

Hribskega urha (*Bombina variegata*) smo opazili v 7 kalih, ki so imeli več obrežne vegetacije.

Rosnico (*Rana dalmatina*) smo našli v 17 vodnih telesih. Je edina predstavnica rjavih žab na tem območju. Poleg navadnega pupka je najbolje zastopana vrsta dvoživk na Kraškem robu. Izbirala je vodna telesa, ki so bila v marcu bolj prosojna. V raziskavi od France (2002) so se v skoraj vseh kalih z ribami, kjer je rosnica mrestila, paglavci uspeli preobraziti.

Zelene žabe (*Pelophylax* sp.) so bile prisotne v šestih kalih. Raje so izbirale večje kale z več makrofiti. Bressi (2007) navaja najdbo tujerodne vrste *Pelophylax kurtmuelleri* v Lipici, ki je od Socerba oddaljena le slabih 10 km. Od *Pelophylax ridibundus* jo lahko ločimo le po oglašanju samcev. Molekularne analize nakazujejo, da bi omenjeni vrsti morali tretirati kot podvrsti. Na dveh lokacijah smo našli po le en osebek zelene žabe v travi zraven RAK5 in v koritu v Črnotičah (CRN3) – v amplexusu z hribskim urhom. Verjetno so zelene žabe prisotne tudi v CRN1 in CRN2, ko sta kala dlje časa polna.

3.3.1 Ocena velikosti populacije navadnega pupka v Hrastovljah

V dveh koritih v Hrastovljah smo ob vsakem obisku opazili odrasle navadne pupke, ki smo jih vsakokrat ulovili in jim fotografirali trebušni del. Cilj je bil ugotoviti ali posamezni osebki tekom sezone prehajajo med koriti. Koriti (HRA1 in HRA2) sta oddaljeni manj kot 200 m. Od fotografiranih osebkov v februarju, marcu, aprilu, maju in juniju migracij med HRA1 in HRA2 ni bilo. Eno samico navadnega pupka smo marca opazili tudi v koritu HRA3, a tudi nje nismo ponovno ujeli v HRA1 ali HRA2. Iz pridobljenih podatkov pa smo ocenili velikost populacije v obeh koritih.

V prvem koritu v Hrastovljah (HRA1) smo skupno ujeli 20 navadnih pupkov (x samcev in y samic). Z metodo po Schnablu smo ocenili, da je skupno 23 osebkov navadnega pupka, s 95% intervalom zaupanja od 22 do 40.

Preglednica 9: Izračun ocene velikosti populacije navadnih pupkov (*Lissotriton vulgaris*) v prvem koritu v Hrastovljah (HRA1) po Schnabelu

t	Ct	Rt	Ut	Mt	CtMt
1	10	0	10	0	0
2	8	3	5	10	80
3	9	5	4	15	135
4	12	11	1	19	228
5	3	3	0	20	60
		22	20	64	503

23

V drugem koritu v Hrastovljah (HRA2) smo skupno ujeli 17 navadnih pupkov (x samcev in y samic). Z metodo po Schnablu smo ocenili, da je skupno 20 osebkov navadnega pupka, s 95% intervalom zaupanja od 17 do 48.

Preglednica 10: Izračun ocene velikosti populacije navadnih pupkov (*Lissotriton vulgaris*) v drugem koritu v Hrastovljah (HRA2) po Schnabelu

t	Ct	Rt	Ut	Mt	CtMt
1	8	0	8	0	0
2	13	6	7	8	104
3	4	2	2	15	60
4	3	3	0	17	51
		11	17	40	215

20

V koritih v Hrastovljah (HRA1 in HRA2) smo ocenili velikost populacije navadnih pupkov (Preglednica 7 in Preglednica 8). Populaciji sta majhni (ocena: x osebkov in y osebkov). Populacija je bila letos dobro dokumentirana, saj smo fotografirali razmeroma visok delež osebkov. Po informacijah domačinov se vsa tri korita pri Hrastovljah pozno poleti izsušijo, takrat vsi osebki migrirajo v letne habitate in naslednjo pomlad ponovno naselijo korita. Ker nas zanima povezanost habitatov oz. populacij, bi bilo smiselno spremljati ti dve

populaciji tudi v prihodnje, saj bi s primerjavo z letošnjimi fotografijami osebkov bi lahko dobili bolj zanesljiv podatek o morebitni migraciji osebkov med koritoma.

V preteklih raziskavah na Kraškem robu je bila poleg že omenjenih šestih vrst potrjena prisotnost tudi prisotnost planinskega pupka (*Ichthyosaura alpestris*), zelene rege (*Hyla arborea*), navadnega močerada (*Salamanda salamandra*) in zelene krastače (*Bufo viridis*) (France 2002, Pobjšnjaj 2007, Lužnik in Zupan 2014). Planinski pupek je bil še leta 2015 opažen v treh kalih v Rakitovcu (RAK1, RAK2 in RAK3) (Kosem 2020). Kljub temu, da ga med našo raziskavo nismo opazili, ne moremo trditi, da v kalih Rakitovcu ni več prisoten, bi ga pa v RAK1 in RAK2 ogrožale zlate ribice. V omenjenih kalih smo našli več osebkov navadnega in velikega pupka, iz česar lahko sklepamo, da je morebitna populacija planinskih pupkov manjša in zato manj zaznavna. Za razjasnitev pojavljanja planinskega pupka bi morali povečati lovni napor in čas popisa ali sistematično uporabljati pasti. Zelena rega je bila tudi splošno razširjena na Kraškem robu. Po podatkih Lužnik in sod. (2014) je bila vrsta prisotna v Socerbu, Kastelcu, Črnotičah, Zazidu in Dolu pri Hrastovljah.

Zelene rege so prisotne v vodi le v času parjenja. Aktivne so ponoči. Samci se predvsem v času parjenja, ponoči oglašajo z glasnim klicem, ki se lahko sliši več kot kilometer stran (Speybroeck in Beukema 2016). Kljub iskanju tudi mrestov ali paglavcev zelene rege nismo našli. Za popis vrste na Kraškem robu bi morali izvesti več večernih terenov, v okviru katerih bi poslušali in beležili oglašanje samcev v času parjenja. Tako so s pomočjo klicev popisali prisotnost zelene rege v več vodnih telesih v Švici Pellet in sod. (2007). Informacijo o prisotnosti zelene rege spomladi 2020 smo dobili od več domačinov v Zazidu. Podatka zaradi o pojavljanju nismo vključili v analize.

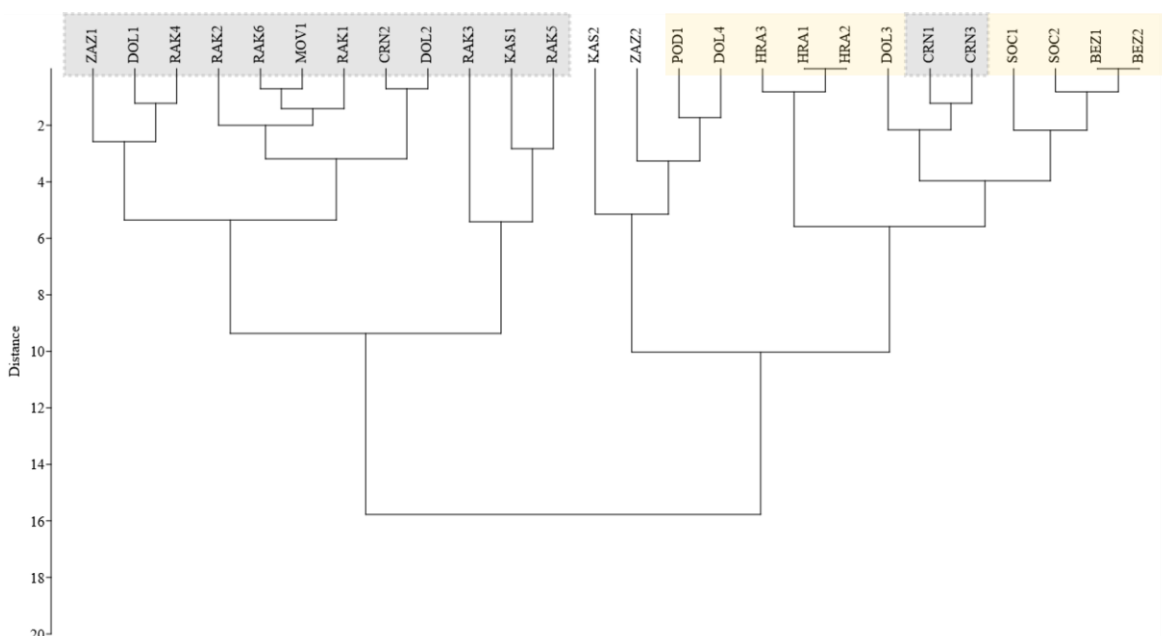
Navadni močerad navadno za odlaganje ličink izbira hladne in senčne potočke in nezaraščene izvire, le redko tudi kale (Pobjšnjaj 2007). Lužnik in sod. (2014) poročajo o najdbah ličink v Socerbu, Movražu in Hrastovljah.

Zelena krastača je leta 1992 parila v kalu v Zazidu (Pobjšnjaj 2007). Kasneje v Zazidu in na Kraškem robu ni bila več opažena.

3.4 Analize

3.4.1 Klasterska analiza

Klasterska analiza po Wardovi metodi z močno podporo razdeli kale na dve skupini. V prvi skupini (ZAZ1, DOL1, RAK4, RAK2, RAK6, MOV1, RAK1, ČRN2, DOL2, RAK3, KAS1, RAK5) so kali, ki imajo večjo pestrost in višje ocene zastopanosti vrst (od 3 – 5 vrst, od 4 – 16 oceno zastopanosti). V drugi skupini (KAS2, ZAZ2, POD1, DOL4, HRA3, HRA1, HRA2, DOL3, CRN1, CRN3, SOC1, SOC2, BEZ1, BEZ2) pa so kali z manj vrstami in nižjo oceno zastopanosti (od 0 – 4 vrste, od 0 – 11 oceno zastopanosti). Vsa korita so v drugi skupini. 4 od 6 kalov z ribami je v drugi skupini.



Slika 11: Klasterska analiza (Ward's method, Cophen. corr.: 0,4628) 26 kalov na Kraškem robu na podlagi ocene abundance 6 vrst dvoživk (opomba: na dve skupini razdeli z 100 % podporo, N = 500; ostale delitve imajo nižjo podporo)

3.4.2 CCA in NMDS

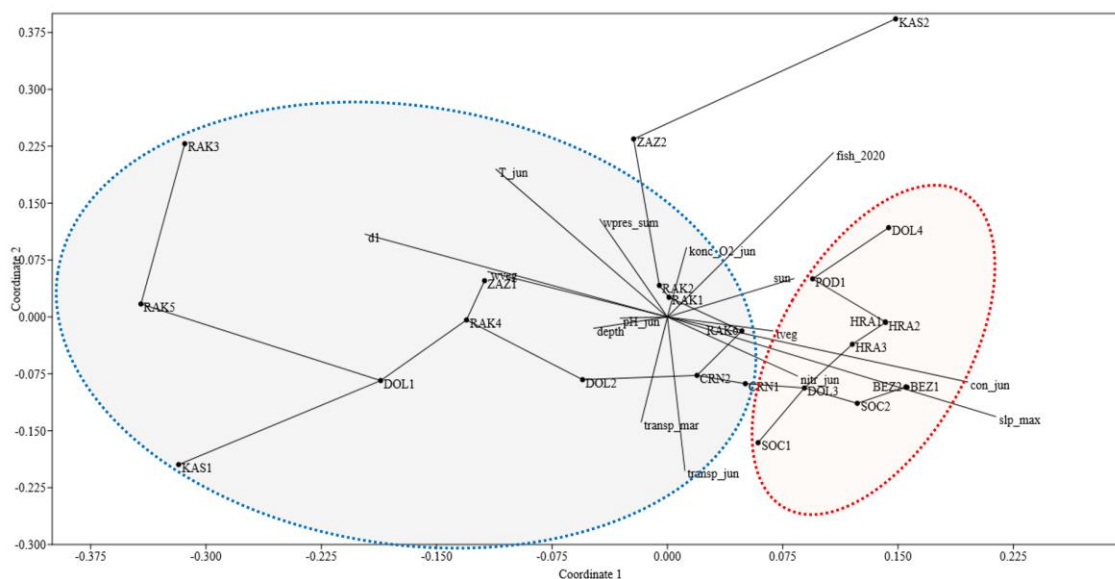
Zaradi nepopolnega nabora podatkov pri kalih, ki so bili občasno suhi, ali smo jih začeli spremljati kasneje, jih nekaj ni vključenih v analizo. V analizi CCA in NMDS je vključenih 15 okoljskih parametrov. Ocena abundance dvoživk po vodnih telesih je odvisna spremenljivka. NMDS je prikazana po prvi in drugi osi.

Analiza NMDS vodna telesa razdeli v dve skupini,, ki sta skladni s klustersko analizo:

- 1. skupina (RAK3, RAK5, KAS1, DOL1, RAK4, ZAZ1, DOL2, CRN2, CRN1, RAK6)

- 2. skupina (DOL3, SOC1, SOC2, BEZ1, BEZ2, HRA1, HRA2, HRA3, POD1 in DOL4)

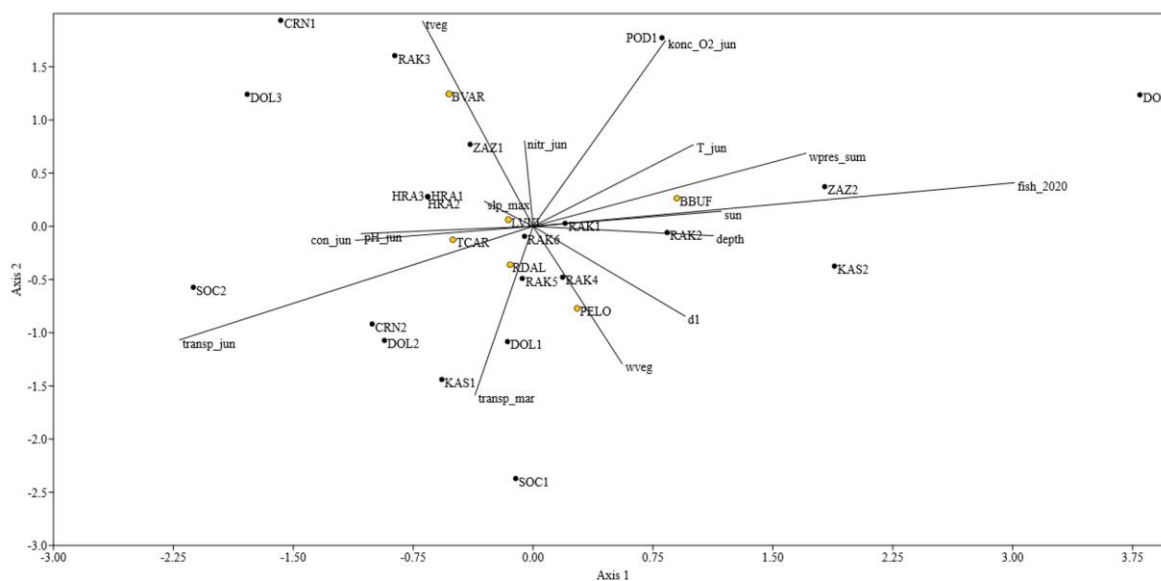
Dva kalia, ki ju je klasterška analiza uvrstila v drugo skupino, sta po NMDS analizi nekoliko bližje prvi skupini (KAS2, ZAZ2; Slika 12).



Slika 12: Nemetrično multidimenzionalno skaliranje NMDS (Euclidean distance, stress = 0.1433; $R^2_{\text{axis 1}} = 0.5235$; $R^2_{\text{axis 2}} = 0.3846$). Črni krogi predstavljajo pozicijo 22 kalov, vektorji predstavljajo 14 okoljskih parametrov.

Analiza NMDS razdeli vodna telesa na tri skupine. Prva skupina vsebuje kale z največ vrstami (od 3 do 5) in najvišjimi ocenami abundance (od 5 do 16). Te kali večinoma globlji in imajo več makrofitov, imajo bolj ravne bregove, so bolj zasenčeni, nimajo rib in imajo manj obrežne vegetacije. Druga skupina vključuje kale, ki imajo ribe a imajo še vseeno razmeroma veliko vrst (od 3 do 4) in srednjo oceno abundance (od 7 do 11). Ta skupina kalov ima stalno prisotno vodo. Tretja skupina vključuje kale z malo vrstami (od 0 do 4) in nizkimi ocenami abundance (od 0 do 5). V tej skupini so vsa korita in zajetja vode, ter nekaj kalov, ki se večkrat presušijo. Ta skupina vodnih teles ima strm rob, junija so imeli visoko prevodnost in nitrata in imajo veliko obrežne vegetacije.

CCA je prikazana po prvi in drugi osi. Prva os je razložila 31,56 %, druga pa dodatnih 28,49 % variance niza podatkov.



Slika 13: Kanonična korenspondenčna analiza CCA (scaling type 2, triplot amp: 4). Projekcija 15 okoljskih parametrov, prikazanih kot vektorji in 6 vrst dvoživk v 22 kalih po prvih dveh oseh (Axis 1, Axis 2).

Vodna telesa z največ vrstami dvoživk in najvišjo oceno abundance (RAK3, RAK5, KAS1, KAS2, ZAZ1, DOL1) imajo v večini položeni naklon brežine, so kali ali izjemoma večja zajetja vode, so srednje veliki (dolžina od 5,8 do 17, širina od 2,4 do 15), in srednje globoki (od okoli 0,5 m do okoli 1,5 m), imajo malo obrežne vegetacije (ocena 1 ali 2), imajo različno zelo pokrovnost z makrofiti (ocena od 0 do 4), so srednje ali močno osončeni, v povprečju je voda bolj prosojna kot v ostalih vodnih telesih, a manj kot v tistih z najmanj vrstami in najnižjimi abundancami; se ne izsušujejo pogosto. Vodna telesa z najmanj vrstami dvoživk in najvišjo oceno abundance (BEZ2, BEZ1, SOC2, HRA3, HRA2, HRA1) imajo v velik naklon brežine, so večinoma korita ali izjemoma kali, so večinoma manjši (dolžina od 1,8 do 10 m); širina od 0,5 do 4), in bolj plitvi (okoli 0,5 m), imajo različne ocene obrežne vegetacije (od 0 do 4), makrofiti ne preraščajo površine vode, so različno osončeni (ocena od 1 do 3), v povprečju je voda v njih bolj prosojna kot v tistih z več vrstami.

4 ZAKLJUČEK

Namen te zaključne naloge je bil povezati okoljske parametre, izmerjene v kalih in koritih, s prisotnostjo dvoživk. Od februarja do junija 2020 smo v 26 vodnih telesih preverjali kako različni dejavniki vplivajo na prisotnost in razmnoževalno uspešnost dvoživk v stojećih vodnih telesih na Kraškem robu. Poleg prisotnosti in stadijev dvoživk smo beležili tudi prisotnost nekaterih plenilcev (zlatih ribic, vodnih kač, kačjih pastirjev), nekatere hidromorfološke parametre in fizikalno-kemijske parametre. Podatke smo analizirali s kanonično korespondenčno analizo (CCA) in nemetričnim multidimenzionalnim skaliranjem (NMDS). Ugotovili smo kako različne značilnosti vodnih teles vplivajo na združbo dvoživk.

Zabeležili smo 6 vrst dvoživk: navadnega pupka (*Lissotriton vulgaris*), velikega pupka (*Triturus carnifex*), navadno krastačo (*Bufo bufo*), hribskega urha (*Bombina variegata*), rosnico (*Rana dalmatina*) in zelene žabe (*Pelophylax sp.*). Najpogostejši vrsti sta bili navadni pupek in rosnica. Najredkeje smo popisali zelene žabe in hribskega urha. V šestih vodnih telesih smo zaznali ribe. Navadna krastača je edina vrsta, ki se je v več kalih z ribami uspešno razmnoževala.

Večjo pestrost dvoživk so imeli kali, so imeli bolj položne bregove, so imeli manj obrežne vegetacije, več makrofitov, so srednje velikosti, so bolj zasenčeni in se ne izsušujejo pogosto. Najmanj vrst pa so imela vodna telesa z velikim naklonom brežine (večinoma korita), ki so večinoma manjši in kjer makofiti ne preraščajo površine vode.

5 LITERATURA IN VIRI

Arhiv ARSO. <https://meteo.arso.gov.si/met/sl/archive/> (datum dostopa 5.7.2020)

Beja P., Alcazar R. 2003. Conservation of Mediterranean temporary ponds under agricultural intensification: an evaluation using amphibians. *Biological Conservation*: 114: 317–326.

Bressi N. 2007. *Pelophylax ridibundus* (Pallas, 1771) in Italia, dalla rarefazione all'espansione e *Pelophylax kurtmuelleri* (Gayda, 1940), nuova specie per la Slovenia. *Atti Mus. Civ. Stor. Nat.*: 3–10.

CKFF baza kalov.
http://www.biportal.si/ikarta_projekt.php?hid=a98946f6cba26199c1261123a509399d
(datum dostopa: 20.7.2020)

Collins J. P. 2010. Amphibian decline and extinction: what we know and what we need to learn. *Diseases of aquatic organisms*: 92: 93–99.

Darrow J., Nulton A., Pompili D. 2004. Effects of temperature on the development of the wood frog, *Rana sylvatica*. *Journal of Ecological Research*: 24: 20–24.

Denoel M., Dzukic G., Kalezic ML. 2005. Effects of Widespread Fish Introductions on Paedomorphic Newts in Europe. *Conservation Biology*: 19: 162-170.

France J. 2002. Pond preference by amphibians (Amphibia) on the Karst Plateau and in Slovenian Istria. *Annales*: 12: 227–236.

Griffiths R. A. 1997. Temporary ponds as amphibian habitats. *Aquatic Conservation: Marine and freshwater*: 7: 119–126.

Hammer Ø. 1999. PAST PAleontological STatistics Reference manual. - *Palaeontol. Electron*: 4: 9

Hamer A. J., McDonnell M. J. 2008. Amphibian ecology and conservation in the urbanising world: *Biological conservation*: 10: 2432-2449

Hartog, C. Den et al. 1986. Effects of water acidification on the distribution pattern and the reproductive success of amphibians: *MMC Christiaans*: 42: 495–503

Hecnar, S. J. in Closkey, R. T. M. 1997. The effects of predatory fish on amphibian species richness and distribution. *Biological conservation* 3207: 123–131.

Kosem J. 2020. Prisotnost in velikost populacij treh vrst pupkov (Urodela: Amphibia) v kalih na Kraškem robu. Zaključna naloga. Univerza na Primorskem, Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije.

Lužnik M., Zupan S., Mills S. in Bužan E. 2014. Karst ponds: Biodiversity and threats. *BioDiNet – Biodiversity and Conservation of Karst Ecosystems*. Padova University Press, 64–76.

Lužnik, M. 2013. Ohranitveni status velikega (*Triturus carnifex*) in navadnega pupka (*Lissotriton vulgaris*) v sistemu izoliranih vodnih teles. Doktorska Disertacija, Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta.

Kaligarič M., Surina B., Pobjljšaj K., Rebeušek F., Lipej B. in Nežek Donev N. 2005. Predlogi za kopenske mikroz rezervate na Kraškem robu. *Diversity and conservation of karst landscapes: Valencian and Slovenian examples*: 124-127

Maciel, T. A. in Juncá, F. A. 2009. Effects of temperature and volume of water on the growth and development of tadpoles of *Pleurodema diplolister* and *Rhinella granulosa* (Amphibia : Anura). *Zoologia (Curitiba)*: 26: 413–418.

Marco, A. D. M., Quilchani C. 1999. Sensitivity to nitrate and nitrite in pond-breeding amphibians from the Pacific Northwest, USA. *Toxicology and Chemistry*: 18: 2836–2839

Naravovarstveni atlas: <https://www.naravovarstveni-atlas.si/web/> (datum dostopa 5.7)

Ogrin, D. 2012. Geografija stika Slovenske Istre. Znanstvena založba Filozofske fakultete

Pellet, J., Helfer V., Yannic G. 2007. Estimating population size in the European tree frog (*Hyla arborea*) using individual recognition and chorus counts. *Amphibia-Reptilia*: 28: 287–294

Pobjljšaj, K. 2007. Dvoživke (Amphibia) Slovenskega primorja. *Varstvo. narave* 20: 107–119.

Poboljšaj, K. and Lešnik, A. 2003. Strokovna izhodišča za vzpostavljanje omrežja Natura 2000 Dvoživke (Amphibia). in press. Naročnik: MOPE, ARSO, Ljubljana

Speybroeck, J. and Beukema, W. 2016. Field guide to amphibians and reptiles of Britain and Europe.

Stuart, S. N. in Chanson JS. 2003. Status and Trends of Amphibian Declines and Extinctions Worldwide. in press. Science.

Temple, H. J. in Cox, N. A. 2009. European Red List of Amphibians.

Uradni list RS št. 111/2004. Pravilnik o določitvi in varstvu naravnih vrednot, 4623.

Uradni list RS št. 46/2004. Uredba o zavarovanih prostoživečih živalskih vrstah, 5963.

Uradni list RS št. 96/2004. Zakon o ohranjanju narave (uradno prečiščeno besedilo) (ZON–UPB2), 11541.

Vukov, T. D. 2008. Breeding site traits of European newts. Archives of Biological Sciences: 60: 459–468.

Wake, D. B. and Vredenburg, V. T. 2008. Are we in the midst of the sixth mass extinction? A view from the world of amphibians. - Proc. Natl. Acad. Sci. in press. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America: 105: 11466-22473

Wilbur, H. M. 1997. Experimental ecology of food webs: complex systems in temporary ponds. Ecological Society of America: 78: 2279–2302.

Zakon o ratifikaciji Konvencije o varstvu prosto živečega evropskega rastlinstva in živalstva ter njunih naravnih življenjskih prostorov (Uradni list RS – Mednarodne pogodbe, št. 17/99)

Priloga A: Meritve kemijskih in fizikalnih parametrov

	SOC1	SOC2	KAS1	KAS2	CRN1	CRN2	POD1	BEZ1	BEZ2	HRA1	HRA2	HRA3
februar												
temperatura vode (°C)			7,90	8,60			8,50					
koncentracija kisika (mg/l)			15,58	7,78			12,70	9,90	11,70	8,29	8,49	9,71
nasičenost s kisikom (%)			137,80	69,20			108,20	95,50	112,80	75,40	77,30	87,40
prevodnost (qS/cm)			189,00	592,00			256,00	679,00	671,00	869,00	904,00	246,00
pH			7,36	7,15			7,15	7,04	7,60	6,84	6,75	7,02
april												
temperatura vode (°C)			24,80	20,40			17,50	16,60	17,60	13,70	14,70	16,20
koncentracija kisika (mg/l)			21,07	11,59			13,74	11,43	15,68	9,08	9,73	7,20
nasičenost s kisikom (%)			264,40	132,40			149,50	118,30	165,70	88,70	97,00	74,20
nitriti (mg/l)			78,00	65,00			57,20	1138,00	764,00	47,10	45,90	55,90
prevodnost (qS/cm)			398,00	247,00			60,00	390,00	365,00	757,00	688,00	184,30
pH			7,10	7,22			9,25	7,20	7,45	6,98	6,94	7,59
maj												
temperatura vode (°C)			18,50	16,30			18,00	17,40	17,80	17,50	17,60	19,70
koncentracija kisika (mg/l)			8,61	11,59			13,61	11,16	14,10	9,95	9,33	13,01
nasičenost s kisikom (%)			95,50	122,40			150,20	117,70	150,00	105,90	99,40	144,80
nitriti (mg/l)			46,50	52,30			55,50	674,00	567,00	32,50	32,80	40,60
prevodnost (qS/cm)			116,00	192,30			90,60	722,00	518,00	564,00	853,00	154,00
pH			7,31	7,40			8,71	6,80	7,06	7,09	6,86	7,53
junij												
temperatura vode (°C)	18,50	20,60	21,30	21,50	17,90	17,80	21,30	16,40	17,80	20,10	21,20	21,50
koncentracija kisika (mg/l)	0,97	4,74	8,60	8,36	1,83	2,43	6,34	10,35	21,41	8,65	9,87	11,12
nasičenost s kisikom (%)	10,80	55,10	101,00	98,10	20,20	26,80	74,90	107,40	228,30	97,10	113,30	128,50
nitriti (mg/l)	79,50	58,40	52,30	56,90	158,00	123,00	49,40	474,00	487,00	51,20	51,00	61,80
prevodnost (qS/cm)	353,00	574,00	186,80	331,00	398,00	324,00	178,90	438,00	373,00	475,00	457,00	168,90
pH	8,02	7,96	7,54	7,27	7,61	7,58	7,20	7,07	7,12	7,19	7,25	7,64

Priloga B: Hidromorfološki parametri

	SOC1	SOC2	KAS1	KAS2	CRN1	CRN2	CRN3	POD2	BEZ1	BEZ2	HRA1	HRA2	HRA3
VODA_december	0	1	1	1	1	1					1		
VODA_februar	0	0	1	1	0	0					1		
VODA_marec	0	1	1	1	1	1					1		
VODA_april	0	0	1	1	1	1					1		
VODA_maj	0	0	1	1	0	0					1		
VODA_junij	1	0	1	1	1	0	1				1		
PROSOJNOST_februar	0	3	3	2	2	0	2	2	3	3	3	3	3
PROSOJNOST_marec	0	3	3	2	2	0	2	2	3	3	3	3	3
PROSOJNOST_april	0	0	3	2	2	0	2	2	3	3	3	3	3
PROSOJNOST_junij	2	2	2	3	2	3	2	2	3	3	3	3	3
Osončenost_skupaj	3	3	2	3	2	3	3	3	3	3	3	3	3
Pokrovnost z vegetacijo_skupaj	2	0	2	3	1	3	0	3	0	0	3	0	2
Obrežna vegetacija_skupaj	0	2	2	1	3	2	0	3	0	1	3	2	3
globina (m)_kala	0,4	0,5	0,7	0,3	0,3	0,5	0,3	0,4	0,4	1	0,5	0,5	0,4
dolžina (m)_kala	8	10	11	10	6	24	2	6,5	2,7	4,1	2,2	3,7	1,8
širina (m)_kala	6	6	7	5	2	18	1	5	1	3	1	1	1
Tip_substrata	1	1	1	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2
Tip_kala	3	3	3	3	3	3	1	2	1	2	1	1	1
Min_naklon_brežine	položno	položno	položno	položno	položno	položno	90	45	90	90	90	90	90
Max_naklon_brežine	90	90	45	45	90	položno	90	45	90	90	90	90	90

	DOL1	DOL2	DOL3	DOL4	ZAZ1	ZAZ2	RAK1	RAK2	RAK3	RAK4	RAK5	RAK6	MOV1
VODA_december	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1
VODA_februar	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	0
VODA_marec	1	1	1	1	1	1	1	1	1		1	1	1
VODA_april	1	1	1	1	1	1	1	1	0		1	1	0
VODA_maj	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
VODA_junij	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
PROSOJNOST_februar	2	2	2	2	2	3	2	2	2		3	3	0
PROSOJNOST_marec	3	2	3	3	3	3	2	2	2		3	3	3
PROSOJNOST_april	2	2	2	2	2	2	1	1	2	1	3	3	0
PROSOJNOST_junij	2	2	2	1	3	1	1	1	2	2	3	3	0
Osončenost_skupaj	3	1	3	3	3	3	2	3	2	2	2	3	2
Pokrovnost z vegetacijo_skupaj	4	0	0	0	3	1	4	4	1	1	0	2	0
Obrežna vegetacija_skupaj	1	4	4	4	2	1	0	0	2	0	1	2	1
globina (m)_kala	0,8	1,5	1,5	2	0,4	0,5	0,2	1,3	0,5	1,1	1,5	1,8	0,9
dolžina (m)_kala	10	10	4	4	13	11	29	8	5,8	18	17	6,4	9,4
širina (m)_kala	15	5	3	4	11	26	22	6	2	16	6	4	8
Tip_substrata	1	1	2	2	1	1	1	2	1	1	2	2	1
Tip_kala	3	3	2	2	3	3	2	2	3	3	2	2	3
Min_naklon_brežine	položno	položno	položno	položno	položno	položno	položno	45	položno	položno	45	90	položno
Max_naklon_brežine	položno	45	90	90	položno	položno	90	90	položno	položno	90	90	položno

Prosojnost: 1. vidljivost manj kot 10 cm; 2. vidljivost manj kot 30 cm; 3. vidljivost več kot 30 cm; 0 - ni bilo vode; prazno - nismo obiskali.

Zasenčenost: zasenčeno – 1; delno zasenčeno – 2; sončno – 3.

Pokrovnost z makrofiti, ki so nad vodno površino razredi: 0% - 0; 0-25% - 1; 25-50% - 2; 50-75% - 3; 75%-100% - 4.

Procent pokritosti kopna, ki se dotika kala z grmiščno in drevesno vegetacijo razredi: 0% - 0; 0-25% - 1; 25-50% - 2; 50-75% - 3; 75%-100% - 4.

Tip substrata: 1 – ilovica; 2 - beton ali večji kamni.

Tip kala: 1 - manjše korito, 2 - voda v celoti ali skoraj v celoti obdana s kamni ali betonom, večje od korita, 3 - kal v kotanji na travniku ali gozdu.