

SEZONSKE SELITVE DVOŽIVK NA OBMOČJU MRTVICE ZATON OB MURI (GORNJI PETANJCI) MED LETOMA 2014 IN 2018

AMPHIBIAN SEASONAL MIGRATIONS IN THE AREA OF THE ZATON OXBOW LAKE NEAR THE MURA RIVER (GORNJI PETANJCI) BETWEEN 2014 AND 2018

Špela GORIČKI, Sara STRAH

Strokovni članek

Ključne besede: dvoživke, ceste, Mura

Key words: Amphibians, roads, Mura

IZVLEČEK

Mrtvica Zaton leži v območju Natura 2000 in je botanična, zoološka in ekosistemska naravna vrednota državnega pomena. Med kopenskim in vodnim delom habitata dvoživk potekata cesti R1-235 Radenci–Petanjci in R2-440 Petanjci–Gederovci. Med letoma 2014 in 2018 smo prostovoljci izvajali akcije reševanja dvoživk ob spomladanskih selitvah. Ugotovili smo, da se je število dvoživk, ki smo jih opazili ob selitvah na mrestišče v primerjavi z letom 2008 (Poboljšaj et al., 2008) prepolovilo. Smrtnost dvoživk je bila približno 50 %, kar pomeni, da spomladanske akcije ne zagotavljajo dolgoročnega preživetja te populacije dvoživk. Ker so podatki raziskave iz leta 2008 zastareli, tukaj podajamo dopolnitve k predlaganim ukrepom v Poboljšaj in sodelavci (2018), ki se bolje ujemajo z ugotovljenimi potmi selitev dvoživk v letih 2017-2018 in opaženimi razmerami na njihovem mrestišču ter v njihovem poletnem habitatu.

ABSTRACT

The oxbow lake Zaton is located in the Natura 2000 area and is a valuable natural feature of national importance in the botanical, zoological and ecosystemic sense. Roads R1-235 Radenci-Petanjci and R2-440 Petanjci-Gederovci run between the terrestrial and aquatic parts of the amphibian habitat. Between 2014 and 2018, volunteers performed rescue campaigns during amphibian spring migrations. It has been established that the number of observed amphibians has halved since 2008 (Poboljšaj et al., 2008). Amphibian road mortality level was approximately 50%; hence, spring campaigns do not guarantee the long-term survival of this amphibian population. Since the data of the 2008 survey is outdated, we propose modifications to the measures published in Poboljšaj et al. (2018), which would be more in accordance with the established paths of migrating amphibians in the years 2017-2018 and observed conditions in their breeding and summer habitats.

1 UVOD

V Evropi je življenjski prostor dvoživk zaradi dolgotrajne človekove dejavnosti zelo fragmentiran in se stalno krči. Med posameznimi deli habitata v različnih delih leta dvoživke potujejo po selitvenih poteh, ki so lahko pri določenih vrstah dolge tudi nekaj kilometrov. Pri svojih selitvah mnogokrat naletijo na oviro v obliki prometne ceste, kjer lahko prihaja do njihovih množičnih povozov. V srednji Evropi predstavljajo dvoživke 70–88 % vseh povoženih vretenčarskih vrst (Puky, 2003; gl. tudi Rytwinski in Fahrig, 2012). V odvisnosti od velikosti populacije, časa selitev, generacijskega časa, spolne strukture itd. in v povezavi s pritiskom drugih dejavnikov ogrožanja lahko že 10-odstotna smrtnost v času spomladanskih selitev po nekaj letih povzroči (1) upad ali propad celotne populacije dvoživk določene vrste na nekem območju, (2) fragmentacijo in genetsko izolacijo lokalnih populacij, (3) odstopanja v razmerju med spoloma in/ali (4) izogibanje ustaljenim selitvenim potem in njihovo spremembo (Beebee, 2013).

Za zmanjševanje smrtnosti dvoživk na cestah je uveljavljenih več metod. Dosedanje raziskave kažejo, da prenašanje dvoživk čez cesto ob pomoči prostovoljcev sicer pomembno zmanjša smrtnost dvoživk, kar je njihov primarni cilj, ne zagotavlja pa dolgoročnega preživetja populacije, kar je s stališča naravovarstva še pomembnejše. Tako so v Italiji in Veliki Britaniji ugotovili, da tudi redna, 6- do 10-letna spomladanska prenašanja dvoživk čez cesto v 64–80 % primerov niso preprečila drastičnega upada njihove številčnosti, stanje se je izboljšalo le v 10 % primerov (Zuiderwijk, 1989; Froglife, 1996; Bonardi et al., 2011). Problem izvajanja tega kratkoročnega ukrepa v Sloveniji in drugod je predvsem v zagotovitvi ustreznega števila prostovoljcev, še posebej iz lokalnega okolja. Poleg tega spomladanske akcije ne preprečujejo smrtnosti odraslih osebkov prek celotnega leta in smrtnosti mladih osebkov, ki se prvič odpravijo na kopno iz mrestišč in katerih preživetje je ključno za dolgoročno preživetje populacij.

Od zaključka prve sistematične raziskave smrtnosti dvoživk na cestah v Sloveniji leta 2000 se je po podatkih Centra za kartografijo favne in flore število poznanih črnih točk, tj. različno dolgih cestnih odsekov, na katerih prihaja do množičnih povozov dvoživk, do danes skoraj podvojilo, od tega jih je skoraj 1.000 na cestah v upravljanju Direkcije za infrastrukturo RS (Poboljšaj et al., 2018). Največ trajnih varovalnih ukrepov za dvoživke je bilo do zdaj izvedenih na avtocestnem omrežju, na regionalnih in lokalnih cestah pa le na maloštevilnih odsekih. Na različnih koncih Slovenije v spomladanskem času tako že več let potekajo prostovoljne akcije prenašanja dvoživk v organizaciji lokalnih društev, javnih zavodov, Herpetološkega društva in posameznikov, ki jih je vsako leto več. V letu 2014 je bilo tako po naših podatkih takih akcij 13 (Herpetološko društvo, 2014), kar pa glede na ugotovljeno število črnih točk in zgoraj navedene omejitve tega ukrepa še zdaleč ne zagotavlja ugodnega stanja vseh ogroženih populacij dvoživk.

Mrtvica Zaton (WGS84 koordinate: 46,6554, 16,0567) je po javno dostopnih podatkih v Naravovarstvenem atlasu (v nadaljevanju NV atlas; ZRSVN, 2019) naravna vrednota

državnega pomena s kratkim imenom Zaton – mlaka (evidenčna št. 215; GKY = 581274, GKX = 168431). Ne gre za mlako, temveč kot kratka oznaka v NV atlasu pravilneje podaja, je Zaton obsežni mrtvi rokav Mure v poznem sukcesijskem stadiju. Nekaj čez 22 ha veliko območje mrtvice z zunanjim obsegom blizu 3,5 km, ki leži zunaj visokovodnega nasipa, je botanična, zoološka in ekosistemska naravna vrednota. Mrtvica Zaton je tudi del območja Natura 2000 Mura (POO SI3000215 & PVO SI5000010).

Tik ob južnem in vzhodnem robu mrtvice potekata dve cesti v upravljanju Direkcije Republike Slovenije za infrastrukturo (v nadaljevanju DRSI), in sicer R1-235, odsek 0317 Radenci–Petanjci, in R2-440, odsek 1294 Petanjci–Gederovci. Cesti sekata selitvene poti dvoživk, ki se selijo v mrestišča – mrtvica in gramoznice na njeni vzhodni in zahodni strani – iz vzhodne in južne smeri. Glavni kopenski habitati v okolici mrtvice so ostanki gozda in travniki, ki pa so fragmentirani z njivami ter na vzhodni in južni strani mrtvice tudi z naseljem (Slika 1). Leta 2002 je bila v sklopu obnove ceste Radenci–Petanjci postavljena trajna varovalna ograja v dolžini 500 m, sama postavitev ograje in obnova ceste pa sta bili izvedeni brez sodelovanja strokovnjakov za dvoživke (Poboljšaj et al., 2008; 2018), podhodi niso bili urejeni. Leta 2007 in 2008 so strokovnjaki Centra za kartografijo favne in flore izvedli monitoring učinkovitosti ukrepa v času jesenskih (2007) in spomladanskih (2008) selitev dvoživk in ugotovili zelo pomanjkljivo delovanje ter vzdrževanje varovalnih ograj. Tudi po tehničnem pregledu stanja varovalnih ograj leta 2017 (terenske raziskave dvoživk niso bile del pregleda) se odseka cest uvrščata med 13 najbolj kritičnih odsekov oz. črnih točk za dvoživke (Poboljšaj et al., 2018).

Med letoma 2013 in 2018 smo prostovoljci izvajali akcije reševanja dvoživk v času spomladanskih selitev na dolžini približno 1.400 m cest R1-235 in R2-440, ki potekata ob južnem, vzhodnem in severnem robu mrtvice. Leta 2016 in 2017 smo postavili začasno varovalno ograjo na delu vzhodne strani ceste R2-440. Od leta 2014 dalje natančno spremljamo pojavljanje dvoživk ob selitvah, raziskavo pa smo v letu 2018 razširili tudi na inventarizacijo dvoživk v mrtvici v obdobju razmnoževanja. Na osnovi zbranih rezultatov podajamo dopolnitve k predlaganim ukrepom v Poboljšaj in sodelavci (2018), ki se bolje ujemajo z ugotovljenimi potmi selitev dvoživk v letih 2017-2018 in opaženimi razmerami v njihovem mrestišču ter poletnem habitatu. Za raziskavo nismo prejeli nobenega financiranja.

2 MATERIALI IN METODE

V času spomladanskih selitev dvoživk med letoma 2014 in 2018 smo prostovoljci (Tabela 1) zbirali populacijske podatke na cesti R1-235, odsek 0317 Radenci–Petanjci, v dolžini približno 600 m in R2-440, Petanjci–Gederovci, v dolžini približno 800 m.

Tabela 1: Število dni in število prostovoljcev, ki so se udeležili akcij reševanja ter monitoringa spomladanskih selitev dvoživk ob mrtvici Zaton med letoma 2014 in 2018. Za posamezno sezono je podano tudi približno skupno število ur monitoringa (št. ur/večer x št. oseb x št. dni). To število je v letu 2014 nesorazmerno visoko zaradi večjega interesa različnih prostovoljcev v primerjavi z leti 2016–2018, ko smo monitoring izvajali po večini isti, izurjeni popisovalci. V letu 2018 smo akcijo izvedli še en večer, in sicer dne 22. 9., v času jesenskih selitev mladostnih osebkov v prezimovališča.

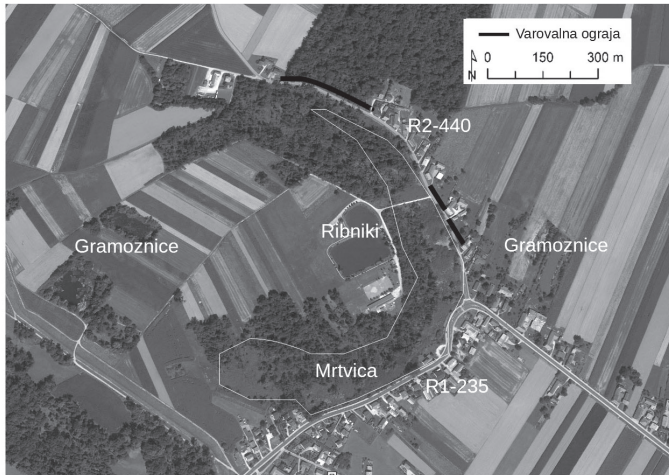
Table 1: Number of days and number of volunteers who took part in the rescue and monitoring of spring migrations of amphibians near the Zaton oxbow lake between 2014 and 2018. The approximate total number of monitoring hours (number of hours/evening x number of persons x number of days) is also given for each season. This number is disproportionately high in 2014 due to the greater interest of various volunteers compared to 2016–2018, when monitoring was carried out by mostly the same, trained enumerators. In 2018, we carried out another campaign, namely on 22 September, during the autumn migrations of juveniles to wintering grounds.

Dan izvajanja akcije	2014: 39 h 50 min		2015: -		2016: 16 h 20 min		2017: 8 h 45 min		2018: 22 h 40 min	
	datum	št. oseb	datum	št. oseb	datum	št. oseb**	datum	št. oseb	datum	št. oseb
1	2. 3.	2	2. 3.	1	23. 2.	1	24. 2.	1	8. 3.	1
2	3. 3.	2	21. 3.	1	27. 2.	1	1. 3.	1	11. 3.	2
3	4. 3.	5	26. 3.	2	29. 2.	1	4. 3.	1	12. 3.	2
4	5. 3.	3	27. 3.*	2	1. 3.	1	5. 3.	2	13. 3.	3
5	7. 3.	2	28. 3.	2	3. 3.	1	6. 3.	1	14. 3.	2
6	17. 3.	2			4. 3.	3	7. 3.	1	15. 3.	2
7	18. 3.	2			6. 3.	2	8. 3.	1	16. 3.	2
8	19. 3.	3			11. 3.	1	9. 3.	1	17. 3.	1
9	20. 3.	2			12. 3.	2	10. 3.	1	26. 3.	1
10	23. 3.	3			15. 3.	1	11. 3.	1	27. 3.	1
11	28. 3.	2			17. 3.	1	12. 3.	1	28. 3.	1
12					19. 3.	2	13. 3.	1	29. 3.	2
13					21. 3.	1	14. 3.	1	30. 3.	1
14					22. 3.	1	16. 3.	1		
15					23. 3.	2	17. 3.	1		
16					27. 3.	1	18. 3.	1		
17							20. 3.	1		
18							21. 3.	1		
19							22. 3.	1		
20							23. 3.	1		
21							24. 3.	1		
22							31. 3.	1		

* Osebkov nismo šteli, jih je pa bilo sorazmerno veliko (100–200).

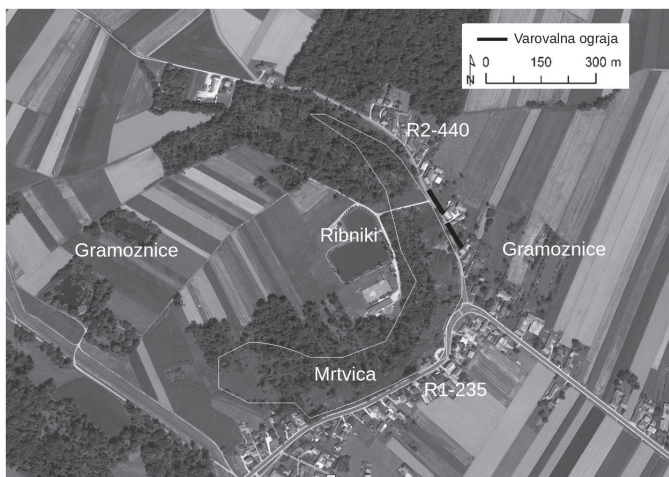
** Manjkajo zapisi za tri odrasle osebe (trije različni dnevi) in tri otroke.

V letih 2016 in 2017 smo postavili začasno varovalno ograjo na vzhodni strani ceste R2-440, kot prikazujeta sliki 1 in 2. Dovoljenji za postavitev ograje št. 37167-347/2016-2 (1509) in 37167-407/2017-2 (1509) je Herpetološkemu društvu izdalo Ministrstvo za infrastrukturo, Direkcija RS za infrastrukturo. O postavitvi ograje in akciji prenašanja dvoživk je bila vaška skupnost Petanjci primerno obveščena.



Slika 1: V letu 2016 smo postavili 300 m varovalne ograje za dvoživke, ki smo jo umestili v prostor, kot prikazujejo črne črte. Označena so vodna telesa in ceste. Obris mrtvice prikazuje vodostaj spomladi leta 2018, ko je ta bil najvišji v času naše raziskave.

Figure 1: In 2016, we built a 300 m long protective fence for amphibians, which we placed as shown by the black lines. Water bodies and roads are marked in yellow. The outline of the oxbow lake shows the water level in the spring of 2018, when it was the highest at the time of our research.



Slika 2: Leta 2017 smo zaradi bolezni prostovoljke postavili le 100 m ograje, kot prikazujejo črne črte. Obris mrtvice prikazuje vodostaj spomladi leta 2018, ko je ta bil najvišji v času naše raziskave.

Figure 2: Since the single volunteer was ill in 2017, we only built a 100 m long fence, as shown by the black lines. The outline of the oxbow lake shows the water level in the spring of 2018, when it was the highest at the time of our research.

Monitoring se je izvajal po naslednji metodologiji: ob razmeroma toplih (temperatura nad 5 °C) in vlažnih večerih smo najmanj dvakrat, ob vrhuncu selitev pa tudi po desetkrat, prehodili omenjeno cestišče in med odstranjevanjem živih osebkov na rob cestišča beležili vrsto in spol tako živih kot tudi povoženih osebkov. Pregledovali smo cestišče in pas v približni širini enega metra od cestišča, beležili pa smo tudi dvoživke, ki so se oglašale v bližini. Pri naši metodologiji je bilo zmeraj prednostno hitro odstranjevanje živih dvoživk s cestišča, zato zaradi majhnega števila prostovoljcev pogosto ni bilo mogoče vseh osebkov podrobno preučiti in določiti do vrste. Tudi povoženih osebkov zaradi zmaličenosti pogosto ni bilo mogoče razpoznati do vrste natančno. V teh primerih podajamo najnižjo taksonomsko kategorijo (rod, družino, red), do katere je bila določitev še zanesljiva. Morebitne vrstnospecifične razlike v smrtnosti smo ugotavljali ob pomoči enosmerne analize variance (*one-way ANOVA*) v programu IBM SPSS Statistics ver. 26 (IBM Corp., 2019). Statistično pomembna odstopanja od razmerja 1 : 1 v zastopanosti spolov smo ugotavljali z eksaktnim binomskim testom (IBM Corp., 2019).

V letih 2017 in 2018 smo natančno lokacijo najdbe vsakega osebka beležili z GPS-napravo GPSMap 64s (Garmin) in za žive osebkke zabeležili tudi smer selitve. V teh dveh letih smo intenzivno pregledovali le cesto R2-440, cesto R1-235 pa smo enkrat v večeru obvozili z avtomobilom v obe smeri, saj smo delno že leta 2016, izrazito pa v sezoni 2017, zaznali upad frekvenca prehajanja dvoživk na tem odseku. V letu 2017 smo občasno pregledali tudi dodatnih 1.600 m kolovozov na zahodni strani mrtvice (enkratni obhod). Spomladanske raziskave smo leta 2018 dopolnili še z enim dnevom (22. 9.) monitoringa jesenskih selitev v prezimovališča. Glavne zgostitve prehajanj dvoživk v letih 2017 in 2018 smo ugotovili ob pomoči Kernelove gostote (Silverman, 1986). S programom ArcGis 10.4 (ESRI, 2016) ter podatki, zbranimi na terenu skozi tri obdobja (pomlad 2017, pomlad 2018, jesen 2018), smo določili najbolj kritične točke selitev dvoživk čez cesto. Za osnovo smo vzeli histogram točkovnih lokacij dvoživk na cesti, analizo pa naredili ob pomoči orodja Kernel Density (*Spatial Analyst Tools – Density*), z osnovnimi nastavitvami. Range razredov smo za vse tri izrise nastavili enako. Tako lahko najbolje primerjamo gostoto prehajanj dvoživk skozi vsa tri obdobja. Karte točkovnih nahajališč oz. opažanj dvoživk smo izrisali v programu ArcGis 10.4 (ESRI, 2016). Ortofoto podlago smo pridobili od Geodetske uprave Republike Slovenije.

3 REZULTATI IN RAZPRAVA

3.1 ŠTEVILČNOST IN VRSTNA SESTAVA DVOŽIVK

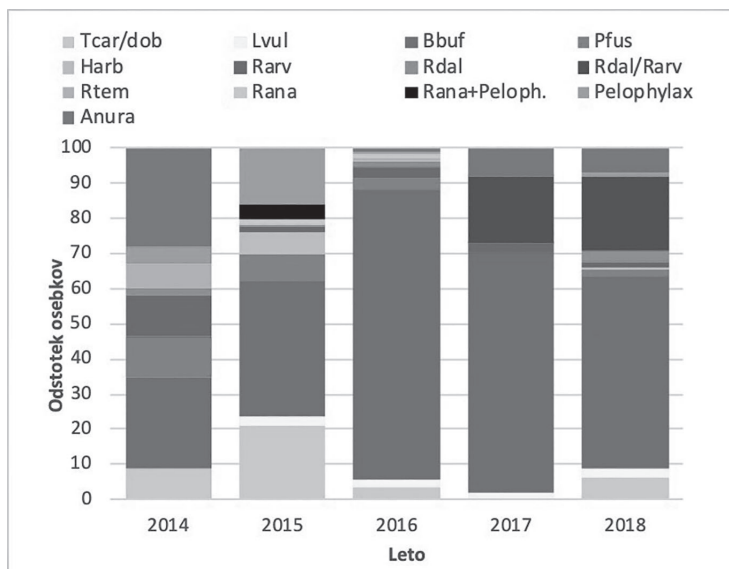
V letih 2014–2018 smo na območju mrtvice Zaton potrdili prisotnost in razmnoževanje 11 vrst dvoživk (Gorički in Strah, 2019). Od teh smo med spomladanskimi selitvami potrdili devet vrst (brez nižinskega urha (*Bombina bombina*) in pisane žabe (*Pelophylax lessonae*), ki smo ju potrdili v mrtvici leta 2018), vendar se vse vrste niso pojavljale vsako leto in v enakem številčnem razmerju (Tabela 2, Slika 3). V sušnem letu 2017 smo tako med spomladanskimi selitvami ugotovili najmanjše število vrst (pet), druga leta pa po sedem ali osem. Pri tem bi

izpostavili predvsem popolno odsotnost najdb velikega pupka (*Triturus carnifex/dobrogricus*), rege (*Hyla arborea*), česnovke (*Pelobates fuscus*) in sekulje (*Rana temporaria*) leta 2017. Sekulja je manjkala še v letih 2015 in 2018, rega pa leta 2014 in 2016 (čeprav je bilo slišati oglašanje samcev v mrtvici). Leta 2014 nismo opazili nobenega navadnega pupka (*Lissotriton vulgaris*). Največji delež opaženih dvoživk je v vseh letih predstavljala navadna krastača (*Bufo bufo*: od najmanj 26 do 83 %), sledile so vrste iz skupine rjavih žab (*Rana* sp.). Leta 2015 je bilo na cesti tudi sorazmerno veliko število velikih pupkov in zelenih žab (*Pelophylax* sp.), glavnino selitev rjavih žab pa smo to leto verjetno zamudili.

Tabela 2: Število živih in povoženih osebkov posameznih vrst ter taksonov dvoživk ob spomladanskih selitvah po letih.

Table 2: Number of live and road-killed specimens of individual species and taxa of amphibians during spring migrations by years.

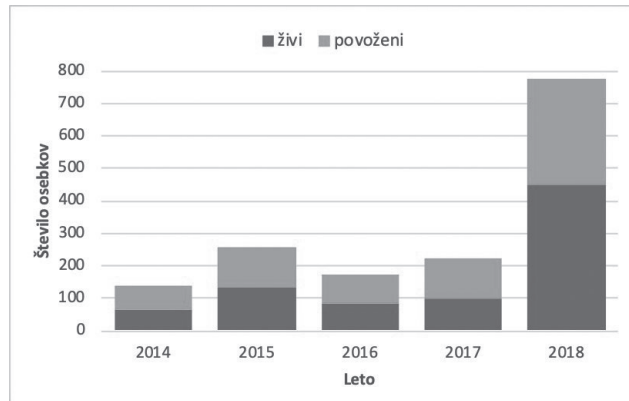
	2014		2015		2016		2017		2018	
	živi	pov.	živi	pov.	živi	pov.	živi	pov.	živi	pov.
veliki pupek ali panonski pupek (<i>Triturus carnifex/T. dobrogricus</i>)	10	2	26	28	5	1	0	0	35	14
navadni pupek (<i>Lissotriton vulgaris</i>)	0	0	4	2	3	1	1	3	7	11
navadna krastača (<i>Bufo bufo</i>)	14	22	58	42	59	86	79	72	268	156
česnovka (<i>Pelobates fuscus</i>)	12	4	18	1	5	0	0	0	10	6
rega (<i>Hyla arborea</i>)	0	0	1	15	0	0	0	0	3	1
plavček (<i>Rana arvalis</i>)	16	0	1	3	6	0	5	0	8	3
rosnica (<i>Rana dalmatina</i>)	1	2	0	2	2	0	1	0	19	6
rosnica ali plavček (<i>Rana dalmatina / R. arvalis</i>)	0	0	0	0	0	0	11	30	93	70
sekulja (<i>Rana temporaria</i>)	7	3	0	0	2	0	0	0	0	0
skupina rjavih žab (<i>Rana</i> sp.)	0	0	0	3	1	1	0	0	0	0
skupina pravih žab (<i>Rana</i> sp. & <i>Pelophylax</i> sp.)	0	0	0	11	0	0	0	0	0	0
skupina zelenih žab (<i>Pelophylax</i> sp.)	5	1	24	17	0	1	1	0	7	1
skupina brezrepcev (Anura)	0	39	0	0	0	2	0	17	1	54
SKUPAJ	65	73	132	124	83	92	98	122	451	322
Delež (%)		52,9		48,4		52,6		55,5		41,7



Slika 3: Vrsta sestava dvoživk ob spomladanskih selitvah. Pomen okrajšav: Tcar/dob – veliki pupek/panonski pupek, Lvul – navadni pupek, Bbuf – navadna krastača, Pfus – česnovka, Harb – rega, Rarv – plavček, Rdal – rosnica, Rdal/Rarv – rosnica/plavček, Rtem – sekulja, Rana – skupina rjavih žab, Rana+Peloph. – skupina pravih žab, Pelophylax – skupina zelenih žab, Anura – skupina brezrepcev.

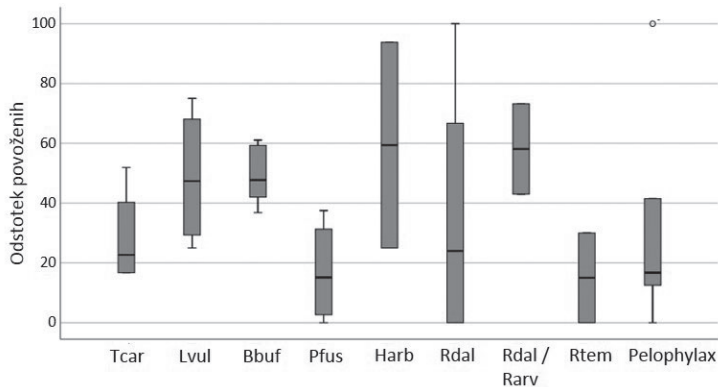
Figure 3: Species composition of amphibians during spring migrations. Meaning of abbreviations: Tcar/dob – Italian Crested Newt/Danube Crested Newt, Lvul – Smooth Newt, Bbuf – Common toad, Pfus – Common spadefoot, Harb – European treefrog, Rarv – Moor frog, Rdal – Agile frog, Rdal/Rarv – Agile frog/Moor frog, Rtem – Common frog, Rana – brown frogs, Rana+Peloph. – Rana sp. & Pelophylax sp., Pelophylax – green frogs, Anura – tailless amphibians (Anurans).

Skupno število dvoživk ob spomladanskih selitvah prikazuje Slika 4. Med letoma 2014 in 2017 se je to število gibalo med 138 osebki (2014) in 256 osebki (2015), podobno kot leta 2013, ko še nismo popisovali osebkov ločeno po vrstah in smo našli skupno 254 dvoživk. V primerjavi z omenjenimi sezonami pa je leta 2018 število opaženih dvoživk poraslo od tri- do več kot petkrat in tako smo našli skupno kar 773 osebkov. Na to število povečan delovni napor, izražen kot skupno število dni ali ur monitoringa (gl. Tabelo 1), ni vplival (prim. leti 2016 in 2017); vloženi delovni napor je kvečjemu odsev števila opaženih osebkov ob selitvah (prim. leti 2017 in 2018), saj smo intenziteto terenskega dela prilagodili pojavljanju dvoživk. Delež povoženih osebkov je v vseh letih ostajal dokaj nespremenjen, in sicer med 41,7 leta 2018 in 55,5 odstotka leta 2017 (Tabela 3). Rezultat poleg delovnega napora kaže tudi prometno obremenitev cest. Ta se je na cesti R1-235, odsek 0317 Radenci–Petanjci, od leta 2014 do leta 2017, ko je bila največja, povečala za 10,1, na cesti R2-440, odsek 1294 Petanjci–Gederovci, pa za 9,2 odstotka (DRSI, 2021). V letu 2018 je bila prometna obremenitev na cesti R2-440, odsek 1294 Petanjci–Gederovci, kjer smo opazili večino dvoživk, 2,4 odstotka manjša od leta 2017. Naš rezultat tudi pomeni, da postavitve varovalne ograje v letih 2016 in 2017 ni izboljšala učinkovitosti reševanja dvoživk. Še več, ograja je v prvem letu (2016) zadržala le dva osebka (navadni pupek in krastača), v drugem letu pa prav nobenega. Po drugi strani smo na odseku, kjer je bila postavljena ograja, redno naleteli na žive in povožene osebke na samem cestišču. Zaradi tega smo postali pozorni na spremenjeno smer selitev, ki smo jo za navadno krastačo potrdili še v letu 2018 (gl. Slika 12).



Slika 4: Celotno število opazanih osebkov dvoživk ob spomladanskih selitvah.
 Figure 4: The total number of amphibians observed during spring migrations.

Medtem ko je bilo razmerje med živimi in povoženimi osebki v vseh sezonah približno enako, pa je primerjava vrstne zastopanosti med tema skupinama nakazala, da so nekatere vrste prometno nekoliko bolj ogrožene kot druge (Tabela 2, Tabela 3, Sliki 5 in 6). Čeprav razlike niso statistično pomembne ($F = 0,863$; $p = 0,559$), izpostavljamo tukaj vrste, ki se premikajo počasneje, in vrste, ki prehajajo čez cesto lokalizirano in so zaradi majhnega števila prostovoljcev (pogosto en sam) ostale brez pomoči, dokler se reševalec ni vrnil z drugega konca mrtvice. V prvo skupino spadata predvsem navadna krastača in navadni pupek, v drugo pa plavček (*Rana arvalis*) in rega. Vrsta z najmanjšo zaznano smrtnostjo je bila česnovka. Ta se je pojavila na cesti šele v kasnejših večernih urah (le redko prej kot dve uri po sončnem zahodu, najmanj pa eno uro po njem), ko se je gostota prometa že zmanjšala, zato je bila manj prometno ogrožena.



Slika 5: Primerjava povprečne smrtnosti in variance opaženih vrednosti (odstotek povoženih osebkov v posameznem letu) med različnimi taksoni. Pomen okrajšav: Tcar – veliki pupek, Lvul – navadni pupek, Bbuf – navadna krastača, Pfus – česnovka, Harb – rega, Rdal – rosnica, Rdal/Rarv – rosnica/plavček, Rtem – sekulja, Pelophylax – skupina zelenih žab.

Figure 5: Comparison of average mortality and variance of observed values (percentage of road-killed specimens in a given year) between different taxa. Meaning of abbreviations: Tcar – Italian Crested Newt, Lvul – Smooth Newt, Bbuf – Common toad, Pfus – Common spadefoot, Harb – European treefrog, Rdal – Agile frog, Rdal/Rarv – Agile frog/Moor frog, Rtem – Common frog, Pelophylax – green frogs.

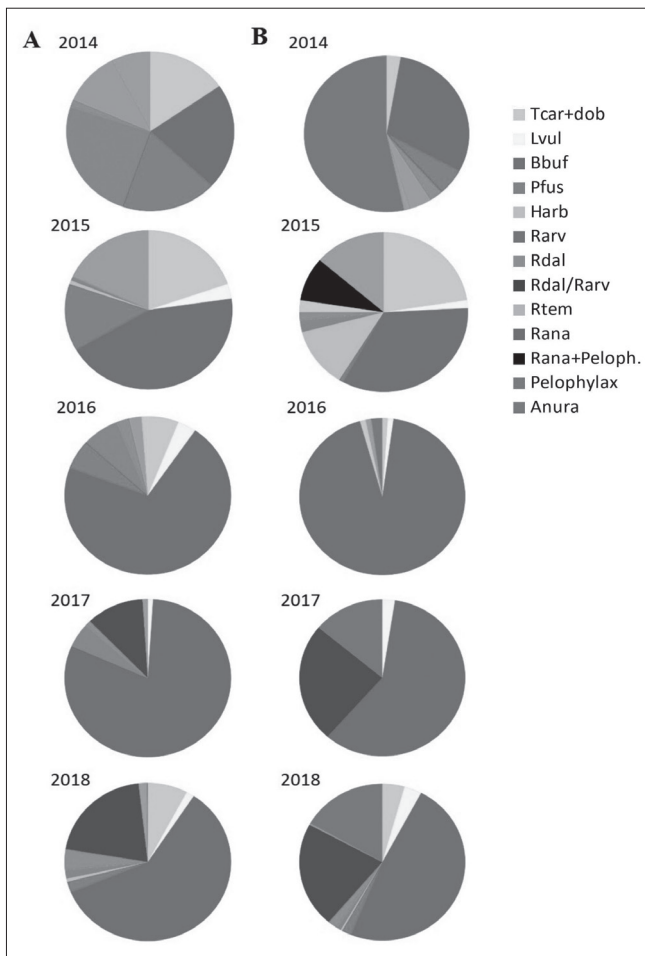
Tabela 3: Smrtnost posameznih vrst oz. taksonov dvoživk ob spomladanskih selitvah v letih 2014–2018 in petletno povprečje različnih vrst.

Table 3: Mortality of individual species or amphibian taxa during spring migrations in 2014–2018 and a five-year average of different species.

	Odstotek povoženih					POVPREČJE
	2014	2015	2016	2017	2018	
veliki pupek ali panonski pupek (<i>Triturus carnifex</i> / <i>T. dobrogicus</i>)	16,7	51,9	16,7	-	28,6	28,5
navadni pupek (<i>Lissotriton vulgaris</i>)	-	33,6	25,0	75,0	61,1	48,7
navadna krastača (<i>Bufo bufo</i>)	61,1	42,0	59,3	47,7	36,8	49,4
česnovka (<i>Pelobates fuscus</i>)	25,0	5,3	0	-	37,5	17,0
rega (<i>Hyla arborea</i>)	-	93,8	-	-	25,0	59,4
plavček (<i>Rana arvalis</i>)	0	75,0	0	0	27,3	20,5*
rosnica (<i>Rana dalmatina</i>)	66,7	100,0	0	0	24,0	38,1
rosnica ali plavček (<i>Rana dalmatina</i> / <i>R. arvalis</i>)	-	-	-	73,2	43,0	58,1
sekulja (<i>Rana temporaria</i>)	30,0	-	0	-	-	15,0
skupina rjavih žab (<i>Rana</i> sp.)	-	100,0	50,0	-	-	75,0*
skupina pravih žab (<i>Rana</i> sp. & <i>Pelophylax</i> sp.)	-	100,0	-	-	-	100,0*
skupina zelenih žab (<i>Pelophylax</i> sp.)	16,7	41,5	100,0	0	12,5	34,1
skupina brezrepcev (Anura)	100	-	100	100	98,2	99,6*
SKUPAJ	52,9	48,4	52,6	55,5	41,7	

* Na vrednost vpliva uspeh determinacije taksona in ne izraža dejanske smrtnosti.

Pri zastopanosti spolov smo odstopanja od razmerja 1 : 1 ugotovili predvsem pri krastači in rjavih žabah (Tabela 4). Pri prvi je presežek samcev postopoma naraščal od 2,4-kratnega leta 2014 do 9,3-kratnega leta 2018. Izjemno velik delež samcev smo ugotovili tudi v številnejši populaciji ob Bukovniškem jezeru (Gorički in Năpăruș, 2014) in je posledica več mogočih dejavnikov: samice kasneje dozorevajo, številne se ne razmnožujejo vsako sezono (Loman in Madsen, 2010) in zaradi razlik v verjetnosti preživetja, kar je lahko povezano tudi s prometom (Gorički in Năpăruș, 2014). Razmerje med spoloma je sicer pri srednjeevropskih populacijah krastače značilno v prid samcev in znaša najmanj 1 : 3,3, pojavnost samic pa tudi med različnimi dnevi v posamezni razmnoževalni sezoni zelo niha (Kiss in Laar, 1992; Vojar et al., 2015). Za nizko število samic je zato mogoč vzrok tudi ta, da smo akcijo končali pred prihodom vseh samic. Nasprotno smo pri rjavih žabah med selitvami ugotovili presežek samic, vendar natančnega razmerja zaradi pomanjkljivega razlikovanja med vrstami ne podajamo. Iz literature lahko povzamemo, da je za rjave žabe značilno razmerje pri rosnici od 1 : 1,7 do 1 : 2,53 v prid samcev (Lodé et al., 2005). Pri rjavih žabah v naši raziskavi je zato mogoče, da so bili samci že v mrestiščih, ko so se začele akcije.



Slika 6: Vrsta sestava (A) živih in (B) povoženih dvoživk ter njeno spreminjanje med leti. Pomen okrajšav: Tcar/dob – veliki pupek/panonski pupek, Lvul – navadni pupek, Bbuf – navadna krastača, Pfus – česnovka, Harb – rega, Rarv – plavček, Rdal – rosnica, Rdal/Rarv – rosnica/plavček, Rtem – sekulja, Rana – skupina rjavih žab, Rana+Peloph. – skupina pravih žab, Pelophylax – skupina zelenih žab, Anura – skupina brezrepcev.

Figure 6: Species composition of (A) live and (B) road-killed amphibians and their variation over the years. Meaning of abbreviations: Tcar/dob – Italian Crested Newt/Danube Crested Newt, Lvul – Smooth Newt, Bbuf – Common toad, Pfus – Common spadefoot, Harb – European treefrog, Rarv – Moor frog, Rdal – Agile frog, Rdal/Rarv – Agile frog/Moor frog, Rtem – Common frog, Rana – brown frogs, Rana+Peloph. – Rana sp. & Pelophylax sp., Pelophylax – green frogs, Anura – tailless amphibians (Anurans).

Tabela 4: Razmerje med spoloma (M – samci, F – samice) pri različnih vrstah dvoživk ob spomladanskih selitvah po letih. Upoštevani so samo odrasli osebk, pri katerih smo spol določili nedvoumno. Upoštevani so tako živi kot povoženi osebk. Pri statistično pomembnih odstopanjih od razmerja 1 : 1 je višje število izpisano krepko.

Table 4: Sex ratio (M - males, F - females) in different species of amphibians during spring migrations by years. Only adult specimens in which sex was unambiguously determined are considered. Both live and road-killed specimens are considered. For statistically significant deviations from 1:1 ratio, the higher number is written in bold.

	2014		2015		2016		2017		2018	
	M	F	M	F	M	F	M	F	M	F
veliki pupek ali panonski pupek (<i>Triturus carnifex</i> / <i>T. dobrogicus</i>)	5	4	17	9	2	3	0	0	13	23
navadni pupek (<i>Lissotriton vulgaris</i>)	0	0	0	1	2	1	0	1	2	9
navadna krastača (<i>Bufo bufo</i>)	12	5	78	11	109	17	121	24	373	40
česnovka (<i>Pelobates fuscus</i>)	3	7	16	3	3	2	0	0	2	4
rega (<i>Hyla arborea</i>)	0	0	16	0	0	0	0	0	0	0
plavček (<i>Rana arvalis</i>)	1	15	0	0	0	6	1	4	1	9
rosnica (<i>Rana dalmatina</i>)	0	0	1	0	1	1	0	1	6	10
rosnica ali plavček (<i>Rana dalmatina</i> / <i>R. arvalis</i>)	0	0	0	0	0	0	3	5	18	50
sekulja (<i>Rana temporaria</i>)	2	2	0	0	1	1	0	0	0	0
skupina zelenih žab (<i>Pelophylax</i> sp.)	0	2	28	8	0	0	0	0	1	1

Časovni potek selitev v različnih letih prikazuje Tabela 5. Potekale so predvsem v vlažnih in toplejših večerih, ko se je temperatura zraka čez dan dvignila nad 10 °C. Najbolj zgodaj (zadnji teden februarja) so se selitve začele leta 2016, najkasneje (drugi teden marca) pa leta 2018. Vsa leta so se zaključile do konca marca, najhitreje v letih 2016 in 2017 (četrti teden marca). V letih 2015 in 2018 so bile zelo kratkotrajne, in sicer smo večino osebkov prenesli v enem tednu. Pri tem je njihovo število v dveh oz. treh (deževnih) večerih presevalo 100. Nasprotno so bile v preostalih letih selitve časovno razpotežene čez ves mesec, z dvema obdobjema povečane intenzitete ali s tremi. Nikoli pa dnevno število v teh primerih ni doseglo 100 osebkov. Z eno samo izjemo (9. 3. 2017) je bilo vedno nižje od 50.

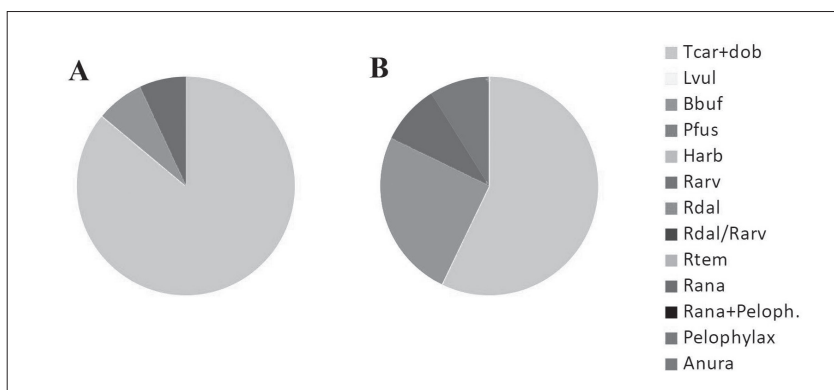
Tabela 5: Število opaženih osebkov vseh navzočih vrst dvoživk po dnevih in odstotek vseh opaženih osebkov v posameznem letu.

Table 5: Number of observed specimens of all amphibian species present by days and percentage of all observed specimens in a given year.

Datum	Število opaženih osebkov					Odstotek opažene populacije				
	2014	2015	2016	2017	2018	2014	2015	2016	2017	2018
23. 2.			35					20		
24. 2.				5					2	
25. 2.										
26. 2.										
27. 2.			1					0,5		
28. 2.										
29. 2.	*	*	18	*	*	*	*	10	*	*
1. 3.			1	4				0,5	2	
2. 3.	0	10				0	4			
3. 3.	3		5			2		3		
4. 3.	37		0	37		27		0	17	
5. 3.	7			44		5			20	
6. 3.			1	7				0,5	3	
7. 3.	3			0		2			0	
8. 3.				0	0				0	0
9. 3.				61					28	
10. 3.				2					1	
11. 3.			40	0	91			23	0	12
12. 3.			10	0	108			6	0	14
13. 3.				0	314				0	41
14. 3.				0	143				0	18,5
15. 3.			0		43			0		5,5
16. 3.				0	29				0	4
17. 3.	16		0	6	13	12		0	2,5	1,5
18. 3.	31			8		22			3,5	
19. 3.	11		17			8		10		
20. 3.	5			20		4			9	
21. 3.		6	32	14			2	18	6,5	
22. 3.			15	8				8,5	3,5	
23. 3.	14		0	3		10		0	1,5	
24. 3.				0					0	
25. 3.										
26. 3.		198			0		77			0
27. 3.		X	0		12			0		1,5
28. 3.	11	42			1	8	17			0
29. 3.					18					2
30. 3.					1					0
31. 3.				1					0,5	

* Dan ne obstaja. X: Mnogo (100 ali več).

Selitve dvoživk po obdobju razmnoževanja so po navadi veliko bolj razpršene tako prostorsko kot časovno in jih je zato težje spremljati. Kljub temu smo 22. 9. 2018, prvi dan občutne jesenske ohladi (12 °C ob 19.40, poletni čas), ki je bil za nameček še vlažen (dež, nato rahel dež), preverili stanje ob mrtvici in popisali kar 99 po večini mladih osebkov dvoživk naslednjih taksonov: veliki pupek (69 osebkov), navadna krastača (17 osebkov), rjave žabe (8 osebkov) in nedoločljiva vrsta (5 osebkov), ki so (poskušali) prečkati cesto v smeri stran od mrtvice (Slika 7). Delež povoženih osebkov je bil 56,6-odstoten.

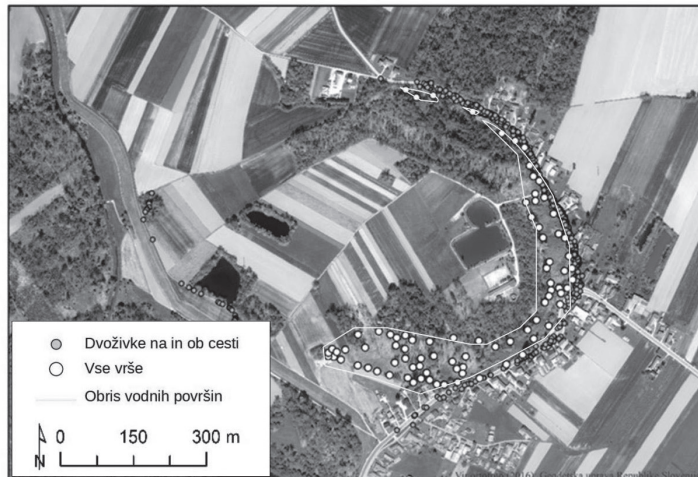


Slika 7: Vrsta sestava (A) živih in (B) povoženih dvoživk opaženih 22. 9. 2018. Pomen okrajšav: Tcar/dob – veliki pupek/panonski pupek, Lvul – navadni pupek, Bbuf – navadna krastača, Pfus – česnovka, Harb – rega, Rarv – plavček, Rdal – rosnica, Rdal/Rarv – rosnica/plavček, Rtem – sekulja, Rana – skupina rjavih žab, Rana+Peloph. – skupina pravih žab, Pelophylax – skupina zelenih žab, Anura – skupina brezrepcev.

Figure 7: Species composition of (A) live and (B) road-killed amphibians observed on 22/9/2018. Meaning of abbreviations: Tcar/dob – Italian Crested Newt/Danube Crested Newt, Lvul – Smooth Newt, Bbuf – Common toad, Pfus – Common spadefoot, Harb – European treefrog, Rarv – Moor frog, Rdal – Agile frog, Rdal/Rarv – Agile frog/Moor frog, Rtem – Common frog, Rana – brown frogs, Rana+Peloph. – Rana sp. & Pelophylax sp., Pelophylax – green frogs, Anura – tailless amphibians (Anurans).

3.2 PROSTORSKE ANALIZE SELITEV DVOŽIVK

V mrtvici Zaton smo od leta 2013 do leta 2017 spremljali postopno zmanjševanje obsega za dvoživke primerne vodnega habitata ob najvišjem vodostaju. Leta 2018 je zaradi obilice padavin obseg mrtvice ponovno narasel (gl. Slika 8), vendar ni dosegel velikosti iz leta 2013. Najopaznejša je bila razlika v severnem delu mrtvice, ki je bil le kratkotrajno in plitvo pod vodo oz. se sploh ni obnovil. Tudi v južnem delu mrtvice, kjer smo v aprilu 2018 ugotovili največjo gostoto osebkov velikega pupka (Gorički et al., 2020), je voda ob julijskem pregledu zelo upadla in območje je bilo le še močvirnato.

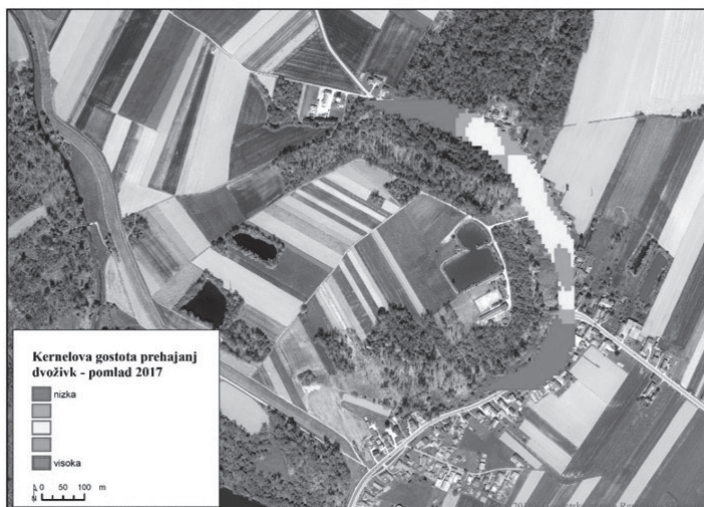


Slika 8: Prikaz vseh najdb dvoživk ob selitvah spomladi 2017, spomladi 2018 in jeseni 2018 – glede na obseg mrtvice primeren za njihovo razmnoževanje konec aprila 2018, ki ga približno nakazuje postavitev Ortmanovih pasti.

Figure 8: Overview of all amphibians found during migrations in spring 2017, spring 2018 and autumn 2018 - relative to the size of the oxbow lake suitable for their reproduction at the end of April 2018, which is approximately indicated by the installation of Ortman traps.

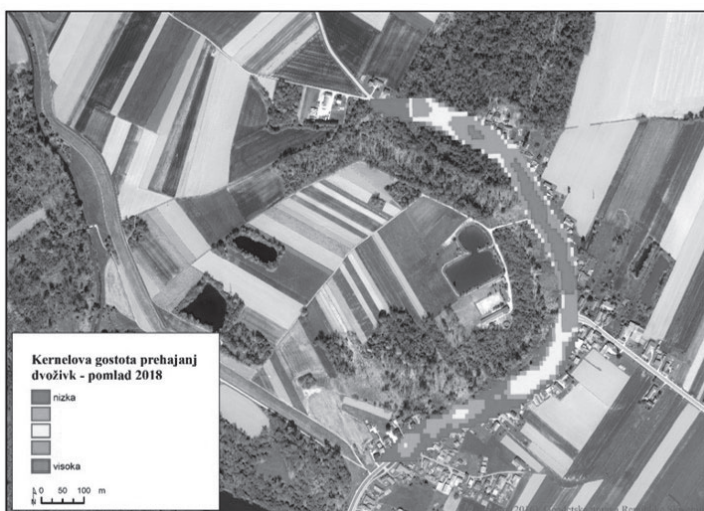
V času naše raziskave se je prostorska razporeditev dvoživk med selitvami opazno spreminjala. Za obdobje 2014–2016 ocenjujemo približno enakomerno razporeditev dvoživk na obeh cestah (R1-235 in R2-440), kasneje, v letih 2017 in 2018, pa jih je večina prečkala cesto R2-440, odsek 1294 Petanjci–Gederovci (gl. Slike 8–11). Veliko manj kot v preteklih letih je bilo dvoživk na cesti R1-235, odsek 0317 Radenci–Petanjci: opazili smo le nekaj osebkov velikega pupka, krastače, česnovke in rvajih žab ter rege, zadnje že na križišču obeh cest. Tak prostorski vzorec selitev je nekoliko nenavaden, saj ne prikazuje velike gostote dvoživk v južnem, tj. najglobljem in zato najbolj vodnatem delu mrtvice (gl. sliko 37 v Gorički in Strah, 2019; Gorički et al., 2020). Domneve, da so se selitve dvoživk, ki se razmnožujejo v tem delu mrtvice, preusmerile na nasprotno stran, z občasnim pregledom kolovozov na zahodni strani mrtvice leta 2017 nismo potrdili.

Glavna zgostitev prehajanja dvoživk v zadnjem obdobju je bila na osrednjem območju mrtvice, medtem ko je bilo dvoživk, ki so prečkale cestišče na obeh koncih mrtvice, bistveno manj (Slike 9–11). Druga, manjša zgostitev je bila opazna na severnem robu vasi Petanjci, ki pa je le še izjemoma (v bolj vodnatih letih, kakršno je bilo leto 2018) segala v območje gozda na severu mrtvice (Slika 8 in 10). Ugotovili smo tudi, da so dvoživke uporabljale skoraj izključno obstoječe dovoze k hišam in stranske ceste, saj se zaradi visokih betonskih škarp, s katerimi je ograjena večina dvorišč, druge niso mogle seliti. Večina dvoživk se je v spomladanskem obdobju, v času naše raziskave v letih 2014–2016, selila v smeri proti mrtvici, le ob koncu sezone smo opazili vračajoče se osebkke, predvsem pri krastači. Pri tej smo v letih 2017 in 2018 zaznali povsem spremenjeno vedenje v času spomladanskih selitev, in sicer se je večina osebkov preusmerila stran od mrtvice in proti drugim, trajnejšim vodnim telesom v okolici, tj. gramoznicam (Slika 12).



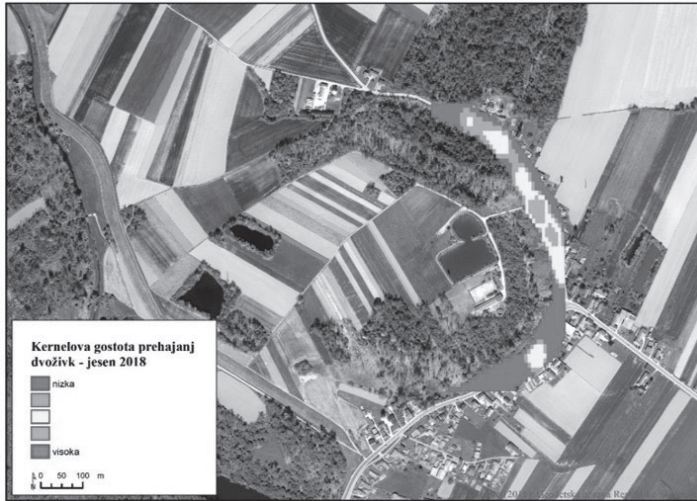
Slika 9: Kernelova gostota prehajanja dvoživk ob mrtvici Zaton spomladi 2017.

Figure 9: Kernel density of amphibians crossing the roads by the Zaton oxbow lake in spring 2017.



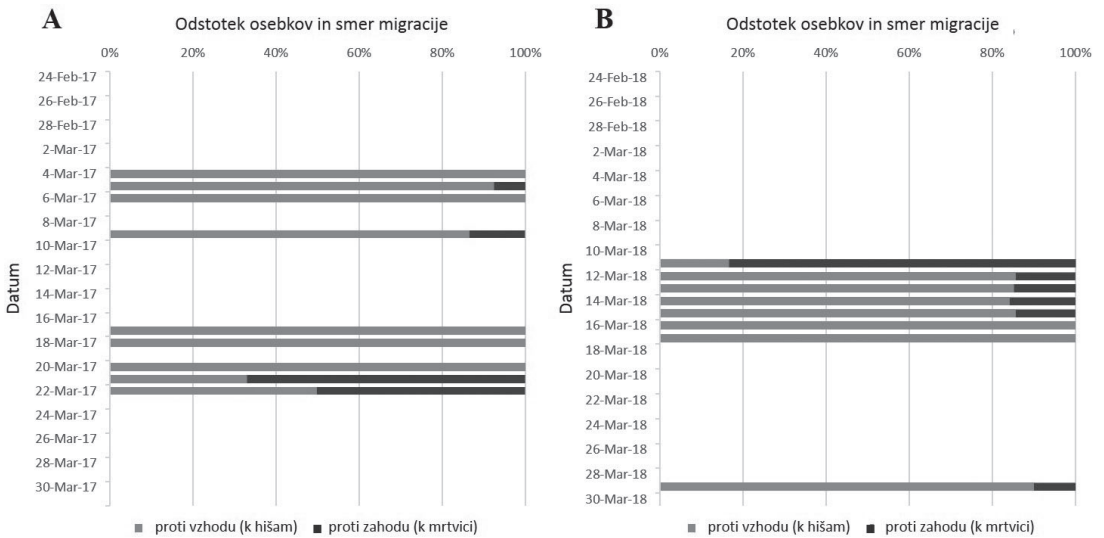
Slika 10: Kernelova gostota prehajanja dvoživk ob mrtvici Zaton spomladi 2018.

Figure 10: Kernel density of amphibians crossing the roads by the Zaton oxbow lake in spring 2018.



Slika 11: Kernelova gostota prehajanja dvoživk ob mrtvici Zaton jeseni 2018.

Figure 11: Kernel density of amphibians crossing the roads by the Zaton oxbow lake in autumn 2018.



Slika 12: Prikaz usmerjenosti spomladanskih selitev navadne krastače čez cesto R2-440, odsek 1294 Petanjci–Gederovci (A) leta 2017 in (B) leta 2018.

Figure 12: Overview of the orientation of the common toad spring migrations across the road R2-440, section 1294 Petanjci – Gederovci (A) in 2017 and (B) in 2018.

Nadalje je spremljanje stanja ob obstoječih trajnih varovalnih ograjah pokazalo, da ponekod njihova umestitev v prostor ali pomanjkljiva izvedba ne preprečuje dostopa na cestišče; drugod varovalne ograje niso redno vzdrževane in zato ne preprečujejo dostopa dvoživkam na vozišče. Žal lokaliteta predstavlja primer trajnih varovalnih ukrepov za dvoživke, ki niso ustrezno izvedeni in vzdrževani, ter primer pomanjkanja interesa v lokalni skupnosti za sodelovanje pri reševanju problematike (Poboljšaj et al., 2018). Najočitnejše pomanjkljivosti:

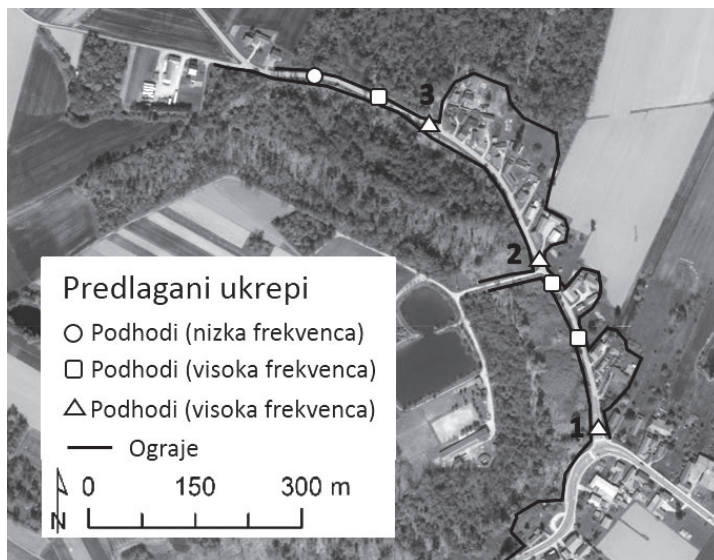
- Sama varovalna ograja predstavlja oviro dvoživkam pri selitvah po ustaljenih in znanih koridorjih: ker je postavljena le varovalna ograja, brez podhodov, jim je preprečen dostop do dela njihovega življenjskega prostora (prezimovališč), varoval za dvoživke pri selitvah proti mrtvici pa sploh ni (Poboljšaj et al., 2008).
- Varovalna ograja je postavljena le na delu odseka (na cesti R1-235, odsek 0317 Radenci–Petanjci), segment v dolžini 800 m na regionalni cesti R2-440 Petanjci–Gederovci, ki tudi poteka ob mrtvici, je nezavarovan. Upravljalca varovalne ograje ne vzdržuje: ta je mestoma poškodovana ali preraščena z rastlinjem in tako ne služi namenu (Slika 13). Prostovoljci so je del leta 2014 zakrpali z začasno varovalno ograjo (material je prispeval Krajinski park Goričko) in občasno odstranili rastlinje, ki jo je preraslo, saj bi jo lahko živali preplezale.
- Dvoživke prehajajo tudi na območju, kjer je mrtvica ograjena z betonskim zidom; navpični zid jih ne zadrži, ker nima strehice (zavoja), poleg tega je mestoma prerasel z rastlinjem.
- Obstoječih vodnih prepustov (premer manjšega je 30 cm in večjega 60 cm) živali ne uporabljajo.
- Živali se gibljejo predvsem po dovoznih poteh, saj jim betonske ograje okoli hišnih parcel preprečujejo dostop na cestišče.
- Reševalne akcije, ki so potekale v letih od 2013 do 2017, so izvajali prostovoljci iz sosednjih krajev, šele leta 2018 se jim je občasno pridružil en domačin.
- V posameznem večeru (pribl. dveurna prisotnost) smo na cesti R2-440 Petanjci–Gederovci našli do 50 osebnih vozil. Število se je razlikovalo med različnimi dnevi v tednu, razen razlik med vikendom in delovnimi dnevi pa posebnega vzorca, ki bi omogočil določena predvidevanja o frekvenci prometa, nismo mogli določiti.
- Med letoma 2013 in 2017 smo spremljali postopno povečanje tovornega prometa na cesti R2-440 Petanjci–Gederovci; prevozi so se dogajali tudi v večernem času, ko so selitve dvoživk najintenzivnejše. Leta 2018 med našimi večernimi akcijami tovornih vozil na tej cesti ni bilo. Pozitivna sprememba delno sovпада z uvedbo elektronskega cestninjenja težkih vozil na slovenskih avtocestah – uradni začetek cestninjenja po sistemu se je začel dva tedna pred selitvami (DARS, 2018). Ker je uvedbo elektronskega sistema napovedovala propagandna kampanja, je vzročna povezava med obema pojavoma povsem mogoča.



Slika 13: »Z namenom zmanjševanja negativnih učinkov cest na okolje Direkcija RS za infrastrukturo (v nadaljevanju DRSI) že od leta 2000 zagotavlja celostno in sistematično načrtovanje, izvajanje ukrepov in vzdrževanje izvedenih ukrepov za reševanje problematike povozov dvoživk na cestah v upravljanju DRSI.« (DRSI, 2018). (A) Dejansko stanje ukrepov (varovalne ograje) ob mrtvici Zaton leta 2014. (B) prostovoljci nadomeščajo uničeno varovalno ograjo. (C) Neodstranjeno rastlinje je do jeseni istega leta preraslo obnovljeno varovalno ograjo. Foto: (A, B) Gregor Domanjko, (C) Š. G.

Figure 13: »In order to reduce the negative effects of roads on the environment, the Directorate of the Republic of Slovenia for Infrastructure (hereinafter DRSI) has been providing comprehensive and systematic planning, implementation of measures and maintenance of implemented measures to solve the problem of amphibian road-kills on roads managed by DRSI.« (DRSI, 2018). (A) Actual state of measures (protective fences) at the Zaton oxbow lake in 2014. (B) Volunteers replacing the destroyed protective fence. (C) Unremoved vegetation overgrew the restored protective fence by the autumn of the same year. Photo: (A, B) Gregor Domanjko, (C) Š. G.

Navedene pomanjkljivosti so domnevno med vzroki za zaznan upad populacije plavčka, ki se je z ocenjenih nekaj tisoč odraslih osebkov pred obnovo ceste in vpeljavo ukrepa leta 2002 do leta 2013 oz. 2014 zmanjšala na manj kot desetino prejšnjega števila (Cipot et al., 2016). Razen raziskave v letu 2008 (Poboljšaj et al., 2008) pa DRSI v vsem tem času ni naročil strokovnega spremljanja stanja (gl. Poboljšaj et al., 2018), čeprav je uslužbenec Sektorja za upravljanje cest, Območje Murska Sobota (Lipovci), ki je izdal soglasji za postavitve začasne varovalne ograje v letih 2016 in 2017, v osebem razgovoru s prostovoljko izrazil zanimanje za situacijo in podajo predlogov trajnejših ukrepov. Na osnovi izsledkov naše raziskave tudi ugotavljamo, da so podatki iz leta 2008 zastareli, zato tukaj podajamo dopolnitev k predlaganim ukrepom, objavljenim v naročeni splošnejši študiji (Poboljšaj et al., 2018), ki se bolje ujema z ugotovljenimi potmi prehajanja dvoživk v letih 2017-2018 in s trenutnimi razmerami v njihovem mrestišču ter poletnem habitatu (Slika 14).



Slika 14: Predlagana postavitev ograj in podhodov za dvoživke ob cesti R2-440 Petanjci–Gederovci. Dodatna razlaga je v besedilu.

Figure 14: Proposed installation of fences and underpasses for amphibians along the road R2-440 Petanjci – Gederovci. Additional explanation is in the text.

- Za zagotavljanje varnega prehajanja dvoživk med različnimi deli habitata ob mrtvici Zaton je treba na cesti R2-440 Petanjci–Gederovci postaviti 6 ali 7 podhodov in trajno varovalno ograjo na obeh straneh ceste ter obnoviti obstoječo ograjo ob cesti R1-235, odsek 0317 Radenci–Petanjci.
- Glede na ocenjeno frekvenco prehodov dvoživk čez cesto (Slike 9–11) v letih 2017 in 2018 ugotavljamo, da je najbolj severni podhod, ki ga predlagajo Pobljšaj in sodelavci (2018), smiselno le ob hkratni obnovitvi mrtvice, tako da se mrestišče dejansko razširi na nekdanje območje poplavnega gozda. V nasprotnem primeru predvidevamo, da omenjenega podhoda dvoživke ne bodo množično uporabljale, zato smo ga na Sliki 14 označili s krožcem.
- Nasprotno pa smo v našem predlogu dodali dva nova podhoda. Za prvega, ki bi ga umestili v neposredno bližino križišča s cesto R1-235, odsek 0317 Radenci–Petanjci (trikotnik št. 1 na Sliki 14), menimo, da bi zanj lahko pridobili soglasje lastnikov parcele, na katero bi segal.
- Drugi dodatni podhod predlagamo na severni strani dovoza k ribnikom Zaton (trikotnik št. 2 na Sliki 14). Ta cesta razmejuje mrtvico na dva dela in bi zato v veliki meri preprečevala dostop dvoživkam do podhoda na svoji južni strani, ki ga predlagajo že Pobljšaj in sodelavci (2018). Alternativna rešitev bi bila usmeritev dvoživk v obstoječi (a prilagojeni) vodni prepust skozi omenjeni dovoz, vendar je zaradi visoke frekvence prehajanja na tej točki in velike oddaljenosti do naslednjega najbližjega

predvidenega podhoda (trikotnik št. 3 na sliki 14), zaradi katere se bo gostota dvoživk tukaj še povečala, verjetno bolje zgraditi dodaten podhod.

- Podhod št. 3 na Sliki 14 prav tako predlagajo že Paboljšaj in sodelavci (2018), glede na naše podatke pa menimo, da ga je treba prestaviti nekoliko južneje, kot prikazuje Slika 43 v Paboljšaj in sodelavci (2018). V tem primeru bi veljalo preučiti možnost prilagoditve obstoječega prepusta za vodo, tako da bi ga lahko uporabljale tudi dvoživke (gl. Paboljšaj et al., 2018).
- Ostali trije podhodi iz Paboljšaj in sodelavci (2018), na Sliki 14 označeni s kvadrati, so predvideni na primernih mestih.
- Ker se večina parcel ob cesti s svojo ograjo neposredno dotika varovalnega pasu ceste, bi bila po našem mnenju postavitve trajne varovalne ograje za dvoživke ob desni strani ceste zelo otežena in vprašljiva, poleg tega pa bi bilo v tem primeru treba številne dovoze opremiti z rešetkami, v katere bi se ujele dvoživke, ki uporabljajo te dovoze kot svoje selitvene poti. Enako ugotavljajo že Paboljšaj in sodelavci (2018), zato predlagamo tukaj alternativno postavitve varovalne ograje za hišnimi parcelami kot prikazuje Slika 14. Tako načrtovana ograja bi bila sicer daljša, kot jo predvidevajo Paboljšaj in sodelavci (2018), vendar bi se na ta način izognili stroškom za izgradnjo rešetkastih pasti na dovozih, katerih učinkovitost ob pogosto prekinjeni ograji bi bila verjetno precej manj kot stoodstotna.
- Prekinitve ograje naj bo čim manj; kjer je to potrebno (dovozi na kmetijska zemljišča), naj se postavijo rešetke.
- Najpomembnejši ukrep je doseči podporo in soglasje za izvedbo predlaganih ukrepov od okoliških lastnikov zemljišč. Tisti del varovalne ograje, ki sega na zasebne parcele za hišami, je lahko tudičasne narave in se postavlja samo v času spomladanskih selitev dvoživk.

V svoji dolgi evolucijski zgodovini so se dvoživke prilagodile na predatorski pritisk tako, da se večinoma skrivajo v vodi in med vegetacijo, aktivnejše pa postanejo šele po sončnem zahodu, ko večina njihovih plenilcev ni več aktivna. Ker je v temi, ko se poviša zračna vlaga in zniža temperatura, tudi manjša verjetnost izsušitve, se dvoživke selijo med deli svojega habitata predvsem v večernem in nočnem času, v tem času se tudi razmnožujejo. Predvidevamo, da javna razsvetljava ob cesti R1-235, odsek 0317 Radenci–Petanjci, vpliva na hormonsko aktivnost in dnevni ritem dvoživk, ki naseljujejo južni del mrtvice, verjetno pa tudi na njihov razvoj in rast (Wise, 2007; Dananay in Benard, 2018). Prek spremenjenega cirkadianega ritma in prehranjevalnih navad organizmov v mokriščih pa nočna razsvetljava vpliva na kroženje snovi v ekosistemu, kar vodi v pospešeno zaraščanje mokrišč (Zapata et al., 2019).

Ceste, ki potekajo v bližini vodnih teles, pa predstavljajo še dodatno grožnjo populacijam dvoživk zaradi spiranja težkih kovin in soli za preprečevanje zaledenosti cestišča. Medtem ko vpliv neposrednega stika s soljenim cestiščem med njegovim prečkanjem (npr. retencijski

čas in verjetnost izsušitve osebka) ni raziskan, je znano, da vplivajo te spojine, sprane v vodna telesa ob cesti, na razvoj in vedenje predvsem tistih vrst dvoživk, ki se razmnožujejo zgodaj spomladi (Sanzo, 2006; Karraker et al., 2008; Denoël et al., 2010; Winston et al., 2012). Prav tako so novejša raziskava potrdile vpliv hrupa na populacije dvoživk v bližini prometnic, in sicer je dolgoročna izpostavljenost hrupu pri rjavih žabah *Rana sylvatica* spremenila imunsko in hormonsko aktivnost dvoživk, ki so postale dovzетnejše za okužbe in druge stresne dejavnike (Tennesen et al., 2014; 2018). V Sloveniji se teh dejavnikov ogrožanja s potencialno daljnosežnimi posledicami (Findlay in Kelly, 2011) pri uvajanju ukrepov na obstoječih cestah ne upošteva.

4 ZAKLJUČEK

V naši petletni raziskavi dvoživk v času spomladanskih selitev v mrestišča smo ugotovili, da je število opaženih dvoživk na območju mrtvice Zaton v primerjavi z letom 2008 (Poboljšaj et al., 2008) znatno upadlo. Kljub večkratnim obhodom cestišča v posameznem večeru, kar odstopa od standardne metodologije (Poboljšaj et al., 2019), je celotno število opaženih dvoživk v eni sezoni v najboljšem primeru (leto 2018) doseglo komaj polovico števila iz leta 2008, ko se je cestišče pregledovalo le po enkrat na večer. Nadalje lahko zaključimo, da se v manj vodnatih letih v mrestišča seli (in domnevno tam razmnožuje) le petina do največ tretjina obstoječe populacije vseh dvoživk. Reševanje dvoživk s prostovoljci po letu 2008 je njihovo spomladansko smrtnost na cestah ob mrtvici zmanjšalo s približno 80 % (Poboljšaj et al., 2008) na 50 %, kar pa celo ne glede na vse ostale dejavnike, ki ogrožajo dvoživke na tem območju, še vedno presega teoretični prag, ki naj bi zagotavljal njihovo dolgoročno preživetje (gl. Poboljšaj et al., 2018). Pri tem je manjša smrtnost v veliki meri posledica spontanega upada števila dvoživk na cesti R1-235, odsek 0317 Radenci–Petanjci, kar omogoča prostovoljcem večjo učinkovitost, zato zaključujemo, da so se razmere za dvoživke mrtvice Zaton izboljšale le navidezno, dejansko pa so se zaradi zmanjšanja obsega mrestišča poslabšale. Vsako načrtovanje izboljšanja stanja mrtvice Zaton mora zato biti usklajeno z ukrepi za zmanjšanje smrtnosti med selitvami in obratno.

5 SUMMARY

The oxbow lake Zaton (WGS84 coordinates: 46.6554, 16.0567) is a valuable natural feature of national importance (ZRSVN, 2019). The Zaton area, which is also part of the Natura 2000 Mura area (SAC SI3000215 & SCI SI5000010), extends a little over 22 hectares and lies outside the high-water embankment. Two roads, namely R1-235, section 0317 Radenci – Petanjci, and R2-440, section 1294 Petanjci – Gederovci, run next to the southern and the eastern rim of the oxbow lake, respectively. The roads intersect the terrestrial part (remnants of forest and fragmentary meadows) and the aquatic part of the amphibian habitat (the oxbow lake and the nearby gravel pits). As part of the reconstruction of the Radenci-Petanjci road, a 500 m long permanent amphibian protective fence was erected on the side of the oxbow lake (Poboljšaj

et al., 2008; 2018) in 2002. In 2007 and 2008, experts from the Centre for Cartography of Fauna and Flora monitored the effectiveness of the measure during the autumn (2007) spring (2008) amphibian migrations and perceived that the operation and maintenance of the fence was very deficient. Even after a technical inspection of the condition of the fence in 2017 (field survey of amphibians was not part of the inspection), the roads next to Zaton remain among the 13 most hazardous road sections for amphibians in Slovenia (Poboljšaj et al., 2018).

From 2013 to 2018, rescue campaigns have been implemented by volunteers during amphibian spring migrations on approximately 1400 m of the roads along the southern, eastern and northern edges of the oxbow lake (Table 1). Since 2014, we have closely monitored the occurrence of amphibians on migrations. In 2016 and 2017, we erected a temporary protective fence on segments of the eastern side of the R2-440 road (Figures 1 and 2). In 2017 and 2018, the location of each specimen was recorded using the GPSMap 64s (Garmin) GPS device. On 22 September 2018, we monitored the autumn migrations to wintering grounds. Data collected in the field over three periods (spring 2017, spring 2018, and autumn 2018) was used to determine the relative spatial intensity of migrations using Kernel density (Silverman, 1986). The basis for the analysis was a histogram of amphibian point locations on the road, and the analysis was performed by using the Kernel density tool (Spatial Analyst Tools - Density) in the ArcGis 10.4 program (ESRI, 2016), with default settings. The class ranks were set the same for all three plots in order to be able to compare the density of amphibian migrations through all three periods.

In the years 2014-2018, we confirmed the presence and reproduction of 11 species of amphibians in the area of the Zaton oxbow lake (Gorički and Strah, 2019). Nine of these species were confirmed during spring migrations, but not all species occurred each year and in the same numerical ratio (Table 2, Figure 3). The lowest number of species (five) during spring migrations was detected in the dry year of 2017. The total number of amphibians in spring migrations is shown in Figure 4. In our five-year study, we found that the number of observed amphibians has decreased considerably compared to 2008 (Poboljšaj et al., 2008). Between 2014 and 2017, the total number of amphibians ranged from 138 individuals (2014) to 256 individuals (2015). Compared to these seasons, the number of observed amphibians increased three to more than five fold in 2018, amounting to a total of 773 individuals. This number was not affected by the increased work effort (see Table 1); however, it suggests that in the years with less precipitation only one-fifth to a maximum of one-third of the existing amphibian population migrates to the breeding grounds.

Amphibian mortality level remained fairly unchanged in all years, between 41.7 and 55.5 percent (see Table 3) and appears to reflect the traffic intensity on the surveyed sections of the roads (DRSI, 2021). This means that the temporary protective fence did not improve the efficiency of amphibian rescue in 2016 and 2017. Furthermore, while volunteers reduced the spring mortality from about 80% in 2008 (Poboljšaj et al., 2008) to about 50%, this rate, in combination with other adverse factors, still exceeds the theoretical threshold to ensure their long-term survival in the area (see Poboljšaj et al., 2018). The following species were slightly more affected by the traffic than others (Table 2, Table 3, Figures 5 and 6): the common toad

(*Bufo bufo*), the smooth newt (*Lissotriton vulgaris*), the moor frog (*Rana arvalis*), and the European tree frog (*Hyla arborea*). Deviations from the 1:1 sex ratio were detected mainly in the common toad (*B. bufo*) and brown frogs (*Rana* sp.) (Table 4). In the former, the ratio gradually increased in favour of the males from 2.4:1 in 2014 to 9.3:1 in 2018.

During our research, the spatial distribution of observed amphibians changed significantly. For the period 2014-2016, we estimate an approximately even distribution of amphibians on both roads (R1-235 and R2-440), whereas later, in 2017 and 2018, most amphibians migrated across the road R2-440, section 1294 Petanjci – Gederovci (see Figures 8 -11). The main corridor of amphibian migrations in the recent period was in the central area of the oxbow lake, while there were significantly fewer amphibians crossing the road at both ends of the oxbow lake (Figures 9-11). The second, smaller concentration was observed on the northern edge of the village Petanjci, which only exceptionally (in wet years, such as 2018) reached the forest area in the north of the oxbow lake (Figures 8 and 10). Based on the results of our research, we find the observations in Pobiljšaj et al. (2008) outdated. Here we provide a supplement to the proposed measures published in the commissioned study (Pobiljšaj et al., 2018), which better matches the established amphibian migration routes in 2017-2018 and current conditions at their breeding ground and in their summer habitat (Figure 14).

The highest water level of the Zaton oxbow lake, which is in the late stage of succession, decreased noticeably from 2013 to 2017. Due to abundant precipitation, the volume of the oxbow lake increased again (see Figure 8) in 2018, but did not reach the span of 2013. The difference was most prominent in the northern part of the oxbow lake, which was only briefly submerged. Likewise, in the southern part of the oxbow lake, where we found the highest density of the Italian crested newts and the Danube crested newts (*Triturus carnifex* and *T. dobrogicus*) in April 2018 (Gorički et al., 2020), the water level dropped sharply by the time of our next inspection in July and the area was only swampy. We therefore believe that the observed lower mortality level during spring migrations is due largely to the spontaneous decline in the number of amphibians on the R1-235 road, section 0317 Radenci – Petanjci, which enables volunteers to be more efficient. Hence, the conditions for amphibians of the Zaton oxbow lake have improved only seemingly since previous research (Pobiljšaj et al., 2008); in reality they have worsened due to the reduction of the volume of suitable aquatic habitat. It is therefore crucial to coordinate some planning to improve the state of the Zaton oxbow lake with measures to reduce mortality during migrations and vice versa.

6 ZAHVALA

Za pomoč na terenu se zahvaljujemo sodelavcem: Marko Ambruš, Grega Benko, Lea Borovnjak, Slava Bukovec, Franc Dervarič, Stanislava Dešnik, Gregor Domanjko, Veronika Gorički, Larisa Gregur, Bogdana Gorza, Marko Györfi, Suzana Kolbl, Andrej Kuhar, Mila Kuhar, Ema Lopert, Marjan Mauko, Jože Novoselnik, dr. Andrej Pančur, Mirko Pivar, Mojca Podletnik, Primož Presetnik, Patrik Prša, Marija Sabotin, Cvetka Senica, dr. David Stankovič, Janja Šafarič, Ana Špilak, Iva Špilak in anonimnim prostovoljcem. Za usmeritev

in pomoč pri obdelavi podatkov in pisanju poročila se zahvaljujemo: Andreja Borštnar, Urša Cimperman (DRSI), Tomislav Glavica, dr. Rok Kostanjšek (Univerza v Ljubljani, Biotehniška fakulteta, Odd. za biologijo) Štefan Kovač, dr. Martina Lužnik (UP FAMNIT), Monika Podgorelec, Primož Presetnik, Tomaž Willenpart (DRSI). Material so prispevali – hvala: Center za kartografijo favne in flore (Marijan Govedič), Geodetska uprava RS (Ida Rejc), Herpetološko društvo – Societas herpetologica slovenica (Nino Kirbiš), dr. William Jeffery, Krajinski park Goričko (Gregor Domanjko), Univerza na Primorskem – Fakulteta za matematiko, naravoslovje in informacijske tehnologije.

7 VIRI

1. Beebe, T. J., 2013. Effects of road mortality and mitigation measures on amphibian populations. *Conservation Biology*, 27, 657–668.
2. Bonardi, A., Manenti, R., Corbetta, A., Ferri, V., Fiacchini, D., Giovine, G. et al., 2011. Usefulness of volunteer data to measure the large scale decline of “common” toad populations. *Biological Conservation*, 144, 2328–2334.
3. Cipot, M., Lešnik, A. in Pobjljšaj, K., 2016. Dvoživke ob reki Muri. *Proteus*, 78, 346-351, 381–382.
4. Dananay, K. L. in Benard, M. F., 2018. Artificial light at night decreases metamorphic duration and juvenile growth in a widespread amphibian. *Proceedings of the Royal Society B*, 285, 20180367.
5. Denoël, M., Bichot, M., Ficetola, G.F., Delcourt, J., Yliff, M., Kestemont, P. et al., 2010. Cumulative effects of road de-icing salt on amphibian behavior. *Aquatic Toxicology*, 99, 275–280.
6. Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo (DRSI), 2018. *Povozi dvoživk na glavnih in regionalnih cestah. Novinarska konferenca Zavoda za varstvo narave »Ko v dobro narave staknemo glave« 17. maj 2018 ob 11.30 uri. Ljubljana, Slovenija: Zavod za varstvo narave.* Dostopno na: http://www.di.gov.si/si/medijsko_sredisce/novica/5925/ [3. 12. 2018].
7. Direkcija Republike Slovenije za infrastrukturo (DRSI), 2021. Prometne obremenitve od leta 1997 dalje. Dostopno na: <https://podatki.gov.si/dataset/pldp-karte-prometnih-obremenitev> [28. 6. 2021].
8. Družba za avtoceste Republike Slovenije (DARS), 2018. *Cestninski sistem.* Dostopno na: <https://www.dars.si/CESTNINJENJE> [31. 12. 2018].
9. Environmental Systems Research Institute (ESRI), 2016. *ArcGIS Release 10.4.* Redlands, CA, ZDA: ESRI.

10. Findlay, S. E. in Kelly, V. R., 2011. Emerging indirect and long-term road salt effects on ecosystems. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1223, 58–68.
11. Froglife, 1996. *Toad patrols: a survey of voluntary effort involved in reducing road traffic-related amphibian mortality in amphibians*. V: *Froglife Conservation Report No.1*. Halesworth, Velika Britanija: Froglife.
12. Gorički, Š. in Năpăruș, M., 2014. *Spremljanje spomladanskih selitev dvoživk ob Bukovniškem jezeru v letu 2014*. Poročilo. Ljubljana, Slovenija: Herpetološko društvo – Societas herpetologica slovenica.
13. Gorički, Š. in Strah, S., 2019. *Monitoring dvoživk na območju mrtvice Zaton – Petanjci od leta 2014 do 2018, opredelitev potencialnih dejavnikov ogrožanja in priporočila za izboljšanje stanja: Strokovno poročilo*. Murska Sobota, Slovenija. Dostopno na: https://www.researchgate.net/publication/330180742_Monitoring_dvoživk_na_območju_mrtvice_Zaton_-_Petanjci_od_leta_2014_do_2018_opredelitev_potencialnih_dejavnikov_ogrožanja_in_priporocila_za_izboljšanje_stanja [21. 10. 2019].
14. Gorički, Š., Strah, S. in Lužnik, M., 2020. Ocena številčnosti populacije velikega/panonskega pupka (*Triturus carnifex/dobrogicus*) v mrtvici Zaton (Petanjci) ob Muri (SV Slovenija). *Natura Sloveniae*, 22, 19–27.
15. Herpetološko društvo – Societas herpetologica slovenica, 2014. *Žabohod!* Dostopno na: <https://sites.google.com/site/zabohodposvet/home> [22. 7. 2021].
16. IBM Corp., 2019. *IBM SPSS Statistics for Windows, version 26*. Armonk, NY, ZDA: IBM Corp.
17. Karraker, N. E., Gibbs, J. P. in Vonesh, J. R., 2008. Impacts of road deicing salt on the demography of vernal pool-breeding amphibians. *Ecological Applications*, 18, 724–734.
18. Kiss, I. in Laár, K., 1992. A field study on the common toad (*Bufo Bufo L.*) population near Gödöllő (Hungary). *Proc. Sixth Ord. Gen. Meet. S. K H.*, 255–258.
19. Lodé, T., Holveck, M. J. in Lesbarrères, D., 2005. Asynchronous arrival pattern, operational sex ratio and occurrence of multiple paternities in a territorial breeding anuran, *Rana dalmatina*. *Biological Journal of the Linnean Society*, 86, 191–200.
20. Loman, J. in Madsen, T. R., 2010. Sex ratio of breeding common toads (*Bufo bufo*) – influence of survival and skipped breeding. *Amphibia-Reptilia*, 31, 509–524.
21. Pobiljšaj, K., Podgorelec, M., Lešnik, A. in Cipot, M., 2008. *Monitoring izvedenih ukrepov za prehajanje dvoživk ob cesti R1-235, odsek 0317 Radenci-Petanjci in G1-3, odsek 1308 Radenci - Vučja vas: Končno poročilo*. Miklavž na Dravskem polju, Slovenija: Center za kartografijo favne in flore.

22. Pobjljšaj, K., Lešnik, A., Grobelnik, V., Šalamun, A. in Kotarac, M., 2018. *Predlog ukrepov za zaščito dvoživk na cestah v upravljanju DRSI: Končno poročilo*. Miklavž na Dravskem polju, Slovenija: Center za kartografijo favne in flore.
23. Pobjljšaj, K., Sedej, A. in Uhliř, M., 2019. *Strokovne podlage za izdelavo navodil in tehničnih specifikacij za zagotavljanje migracijskih koridorjev dvoživk na državnem cestnem omrežju: Poročilo*. Miklavž na Dravskem polju, Slovenija: Center za kartografijo favne in flore.
24. Puky, M., 2003. Amphibian mitigational measures in Central-Europe. V: *Proceedings of the International Conference on Ecology and Transportation 2003, Lake Placid, USA*. Raleigh, NC, ZDA: North Carolina State University, 413–429.
25. Rytwinski, T. in Fahrig, L., 2012. Do species life history traits explain population responses to roads? A meta-analysis. *Biological Conservation*, 147, 87–98.
26. Sanzo, D. in Hecnar, S. J., 2006. Effects of road de-icing salt (NaCl) on larval wood frogs (*Rana sylvatica*). *Environmental Pollution*, 140, 247–56.
27. Silverman, B. W., 1986. *Density estimation for statistics and data analysis*. New York, NY, ZDA: Chapman and Hall.
28. Tennessen J. B., Parks S. E. in Langkilde T., 2014. Traffic noise causes physiological stress and impairs breeding migration behaviour in frogs. *Conservation Physiology*, 2, cou032.
29. Tennessen, J. B., Parks, S. E., Swierk, L., Reinert, L. K., Holden, W. M., Rollins-Smith, L. A. et al., 2018. Frogs adapt to physiologically costly anthropogenic noise. *Proceedings of the Royal Society B*, 285, 2018–2194.
30. Vojar, J., Chajma, P., Kopecký, O., Puš, V. in Šálek, M., 2015. The effect of sex ratio on size-assortative mating in two explosively breeding anurans. *Amphibia-Reptilia*, 36, 149–154.
31. Winston, R. J., Hunt, W. F. in Plier, W. T., 2012. *Road salt and its effects on amphibians: A concern for North Carolina?* Technical Assistance. Raleigh, NC, ZDA: North Carolina State University.
32. Wise, S., 2007. Studying the ecological impacts of light pollution on wildlife: Amphibians as models. V: Marín, C. in Jafari, J. ur. *StarLight: A common heritage. Proceedings of the StarLight 2007 Conference*. La Palma, Španija: International Initiative in Defence of the Quality of the Night Sky and the Right to Observe the Stars; StarLight Initiative; Instituto de Astrofísica de Canarias. 209–218.
33. Zapata, M. J., Mažeika, S., Sullivan, P. in Gray, S. M., 2019. Artificial lighting at night in estuaries – implications from individuals to ecosystems. *Estuaries and Coasts*, 42, 309–330.

34. Zavod Republike Slovenije za varstvo narave (ZRSVN), 2019. *Naravovarstveni atlas -NV*. Dostopno na: <https://www.naravovarstveni-atlas.si/web/profile.aspx?id=NV@ZRSVNI> [2. 1. 2019].
 35. Zuiderwijk, A., 1989. Amphibian and reptile tunnels in the Netherlands. V: Langton, T. E. S. ur. *Amphibians and Roads: Proceedings of the Toad Tunnel Conference, Rendsburg, Federal Republic of Germany*. Shefford, Velika Britanija: ACO Polymer Products. 67–74.
-

Špela Gorički

(1) Scriptorium biologorum – Biološka pisarna, d. o. o.

Nikole Tesla 6,

SI – 9000 Murska Sobota, Slovenija

(2) Herpetološko društvo – Societas herpetologica slovenica

Večna pot 111

SI – 1000 Ljubljana, Slovenija

goricki.spela@gmail.com

Sara Strah

Univerza na Primorskem, Fakulteta za matematiko,

naravoslovje in informacijske tehnologije

Glagoljaška 8

SI – 6000 Koper, Slovenija

sarastrah97@gmail.com