

Original Research

Umetne vodne akumulacije za zasneževanje na vzhodu Pohorja (Slovenija): mesta razmnoževanja in ekološke pasti za dvoživke

Tina Klenovšek^{1,*}, Žiga Tertinek², Ana Skledar²

Izvleček

Umetni vodni habitati so lahko za dvoživke mesta za razmnoževanje kot tudi ekološke pasti. Vodne akumulacije za umetno zasneževanje niso optimalni habitati za dvoživke in o njihovem razmnoževanju v teh vodnih telesih je malo znanega. V raziskavi smo dvoživke vzorčili v dveh akumulacijah za umetno zasneževanje na območju Mariborskega Pohorja. Ena se nahaja ob vznožju Pohorja (312 m nmv) v urbanem okolju, druga pa na pobočju Pohorja (560 m nmv), obdana z gozdom, ki je del Natura 2000 območja Pohorje. V akumulacijah smo skupno potrdili razmnoževanje sedmih vrst dvoživk: velikega pupka (*Triturus carnifex*), planinskega pupka (*Ichthyosaura alpestris*), navadnega pupka (*Lissotriton vulgaris*), hribskega urha (*Bombina variegata*), navadne krastače (*Bufo bufo*), sekulje (*Rana temporaria*) in rosnice (*Rana dalmatina*). Hribski urh in veliki pupek spadata med kvalifikacijske vrste za Natura 2000 območje Pohorje. V akumulaciji ob vznožju Pohorja, v kateri so bile tudi ribe, razmnoževanje dvoživk ni bilo uspešno. V akumulaciji na pobočju Pohorja, kjer rib ni bilo, sta strma brežina (30–60°) iz nepokrite geomembrane in nizka gladina vode povzročili pogin odraslih hribskih urhov in številnih (> 500) mladih osebkov rjavih žab. Upad gladine vode je povzročil tudi propad jajc in zarodkov velikega pupka. Akumulaciji za zasneževanje sta iz več vidikov neprimerni za dvoživke, vendar jih te kljub temu uporabljajo za razmnoževanje. Za zmanjšanje poginov dvoživk bi bili potrebni naslednji ukrepi: ohranjanje maksimalnega vodostaja v času razmnoževanja (marec–julij), prekritje geomembrane z nehrsečim materialom in zmanjšanje naklona brežine akumulacije, kar bi dvoživkam olajšalo izhod iz akumulacije, odstranitev rib z jesenskim praznjenjem akumulacije ter preprečevanje povozov na cestah ob akumulaciji.

Keywords

Bombina variegata, dvoživke, ekološka past, Natura 2000, *Triturus carnifex*, umetni habitat, vodna zajetja, zadrževalniki za umetno zasneževanje

1 Fakulteta za naravoslovje in matematiko, Univerza v Mariboru, Koroška cesta 160, 2000 Maribor, Slovenija

2 Naravovarstveni inštitut Vivus, Čretniška ulica 18a, 2319 Poljčane

*** Corresponding author:**
E-mail address: tina.klenovsek@um.si

Citation: Klenovšek, T., Tertinek, Ž., Skledar, A., (2025). Umetne vodne akumulacije za zasneževanje na vzhodu Pohorja (Slovenija): mesta razmnoževanja in ekološke pasti za dvoživke. Acta Biologica Slovenica 68 (4)

Received: 03.03.2025 / **Accepted:** 14.07.2025 / **Published:** 21.07.2025

<https://doi.org/10.14720/abs.68.4.21999>

This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY SA) license

Artificial Water Accumulations for Snowmaking on Eastern Pohorje (Slovenia): Breeding Sites and Ecological Traps for Amphibians

Abstract

Artificial water habitats can be breeding sites for amphibians, but may also function as ecological traps. Water accumulations for artificial snowmaking are not optimal habitats for amphibians, and little is known about their reproduction in these water bodies. In this study, we sampled amphibians in two accumulations for snowmaking in the Mariborsko Pohorje area. One is located at the foothills of Pohorje (312 m a.s.l.) in an urban environment, and the other on the slopes of Pohorje (560 m a.s.l.), surrounded by forest that is part of the Natura 2000 Pohorje. In total, we confirmed the reproduction of seven amphibian species in these accumulations: Italian Crested Newt (*Triturus carnifex*), Alpine Newt (*Ichthyosaura alpestris*), Smooth Newt (*Lissotriton vulgaris*), Yellow-bellied Toad (*Bombina variegata*), Common Toad (*Bufo bufo*), Common Frog (*Rana temporaria*), and Agile Frog (*Rana dalmatina*). The Yellow-bellied Toad and the Italian Crested Newt are qualifying species for the Natura 2000 Pohorje site. In the accumulation at the foothill of Pohorje, where fish were present, amphibian reproduction was unsuccessful. In the accumulation on the slope of Pohorje, where there were no fish, the steep banks (30–60°) with uncovered geomembrane and the low water level led to the mortality of adult Yellow-bellied Toads and numerous (>500) juvenile *Rana* sp. frogs. The drop in water level also resulted in the stranding of eggs and embryos of the Italian Crested Newt. Snowmaking reservoirs are unsuitable for amphibians in several respects, yet they still use them for breeding. To reduce amphibian mortality, the following measures should be implemented: maintaining maximum water levels during the breeding season (March–July), covering the geomembrane with non-slip material and reducing the bank steepness to facilitate amphibian exit, removing fish through autumn reservoir drainage, and preventing roadkill on roads adjacent to the reservoirs.

Keywords

Amphibians, artificial habitat, *Bombina variegata*, ecological trap, Natura 2000, snowmaking ponds, *Triturus carnifex*, water reservoirs

Uvod

Dvoživke za svoj življenjski cikel potrebujejo tako kopenske kot vodne habitate. Prav habitati celinskih voda so med najbolj ogroženimi v Evropi (Janssen in sod., 2016). Degradacija in izguba habitatov sta med glavnimi razlogi za upad populacij dvoživk, tako je po podatkih IUCN v Evropi ogrožena skoraj četrtina dvoživk (Temple in Cox, 2009; IUCN, 2025). V Sloveniji živi 21 vrst dvoživk (Stanković in sod., 2015; Strah in sod., 2024), kar jo uvršča med bolj pestra območja Evrope glede na število vrst dvoživk (Temple in Cox, 2009). Dvoživke v Sloveniji ogrožajo predvsem izguba kakovostnih habitatov, ki jo povzročajo nenadzorovana in razpršena urbanizacije, regulacija in hidromorfološke spremembe vodotokov in obvodnih zemljišč, onesnaževanje z organskimi snovmi in gnojili, vnos tujerodnih rib, izginjanje mlak ter izsuševanja mokrišč (Stanković in sod., 2015).

Dvoživke za razmnoževanje uporabljajo tudi vodna telesa umetnega nastanka (Clevenot in sod., 2018; Valdez in sod., 2021), tj. telesa površinskih vod, ki so nastala zaradi posega v prostor (Ur. l. RS., 2002). Takšna vodna telesa so za dvoživke sekundarni vodni habitati, kjer je večinoma manjša biotska pestrost kot v primerljivih naravnih vodnih habitatih (Zamora- Marín in sod. 2021). Kljub temu lahko na zelo prepustnih tleh, sušnih ali močno spremenjenih območjih prevladujejo in imajo ključno vlogo za razmnoževanje ter obstoj populacij dvoživk (Brand in Snodgrass, 2010; Buono in sod., 2019; Lešnik, 2021; Zamora- Marín in sod., 2021; Caballero-Díaz in sod., 2022). Umetni vodni habitati lahko zaradi svojih lastnosti in namenske rabe delujejo tudi kot ekološke pasti (Dwernychuk in Boag, 1972), tj. kadar jih živali na podlagi okoljskih signalov ocenijo kot ustrezne in prednostno izberejo, čeprav imajo v primerjavi z drugimi razpoložljivimi habitati v njih manjše možnosti

za preživetje ter uspešno razmnoževanje (Robertson in Hutto, 2006; Clevenot in sod., 2018). Umetni vodni habitat lahko predstavlja ekološko past tudi, kadar povzroča neposredno smrtnost osebkov ali če kot razmnoževalno mesto ne omogoča zadostnega razmnoževalnega uspeha za ohranjanje stabilne ali rastoče populacije brez priseljevanja (Battin, 2004).

Primer umetnih vodnih habitatov za razmnoževanje dvoživk so vodne akumulacije namenjene umetnemu zasneževanju smučišč. Zaradi namenske rabe imajo te akumulacije podobne značilnosti. Med drugim, da so umetnega nastanka, značilne oblike, s strmimi in ravnimi brežinami prekritimi s hidroizolacijsko folijo, povsem brez vodne vegetacije, raven vode pa v njih hitro in močno niha (Fait in sod., 2020; Gerfand in sod., 2024). Zadrževalniki voda niso optimalni umetni vodni habitatni za dvoživke, a so lahko edini vodni habitatni, ki zadržujejo vodo dovolj dolgo, da ličinke zaključijo razvoj (Brand in Snodgrass, 2010). Redno vzdrževanje, tj. letno praznjenje in čiščenje akumulacij ob ustreznem času, preprečuje obstoj rib, kar je prav tako ugodno za dvoživke (McCarthy in Lathrop, 2011; Zamora-Marín in sod., 2021). Za razliko od zadrževalnikov meteoritnih voda v urbanih okoljih ali ob avtocestah (pregled v Clevenot in sod., 2018), je podatkov o dvoživkah v akumulacijah za zasneževanje zelo malo, četudi število takšnih akumulacij raste (Gerfand in sod., 2024). Gerfand in sod. (2024) so ocenili ekološko kakovost 28 akumulacij za umetno zasneževanje v francoskih Alpah. Dvoživke so našli v 68 % vseh akumulacij in akumulacije zaradi zasnove ter načina uporabe ocenili kot potencialne ekološke pasti.

Akumulacije za umetno zasneževanje so tudi na delih Pohorja, kjer je razvit smučarski turizem. Pohorje je predalpsko hribovje, ki se razteza 50 km v dolžino v smeri vzhod-zahod. Na vzhodu prehaja v Dravsko dolino in mesto Maribor. Na Mariborskem Pohorju sta dve vodni zajetji za zasneževanje smučišč. Akumulacija Arena je ob vznožju in akumulacija Trikotna jasa na pobočju Pohorja. Za namen predvidene razširitve in posodobitve zimsko športnega centra Pohorje so na vplivnem območju Govedič in sod. (2009) popisali 130 lokacij in potrdili 5 vrst dvoživk, od do takrat znanih 10 vrst dvoživk za Pohorje in vznožje Mariborskega Pohorja med Radvanjem in Razvanjem (Vogrin, 1998; Pobjljšaj, 1998; Pobjljšaj in sod., 2001; Cipot, 2007). V akumulaciji Trikotna jasa so bili takrat najdeni samo paglavci sekulje (*Rana temporaria*), medtem ko v akumulaciji Arena dvoživk niso zabeležili. V akumulaciji Arena je bilo kasneje potrjeno razmnoževanje navadne

krastače (*Bufo bufo*) in sekulje (Tertinek in Skledar, 2022; Tertinek, 2024). Akumulacija Trikotna jasa je na ekološko pomembnem območju Pohorje (ID 41200). Strnjen gozd južno in vzhodno od akumulacije pa je del Natura 2000 območja Pohorje (ID 3000270), v katerem sta med kvalifikacijskimi vrstami dvoživk hribski urh (*Bombina variegata*) in veliki pupek (*Triturus carnifex*) (Ur. l. RS 49/2004, Ur. l. RS 110/2004, Ur. l. RS 47/18). Vrsti sta zaradi svojega pomena relativno dobro raziskani, monitoring se je izvajal tudi na Pohorju (Pobjljšaj in sod., 2011; Cipot in sod., 2011; Grudnik in Triglav Brežnik, 2015).

Na območju akumulacij za zasneževanje na Mariborskem Pohorju se stikajo strnjen gozd, spremenjeno površje za namen športa in turizma ter urbano naselje. Na pobočjih Pohorja so naravne stoječe vode redke, potoki pa imajo hudourniški značaj, zato so umetne stoječe vode, kot so akumulacije za zasneževanje, lahko pomemben sekundarni habitatni za razmnoževanje dvoživk. Vendar pa lahko akumulacije za zasneževanje, zaradi svojih značilnosti in rabe, dvoživkam hkrati predstavljajo grožnjo za preživetje in razmnoževalni uspeh. V letu 2024 je bil na območju akumulacije Arena izveden monitoring pomladanskih selitev dvoživk po naročilu Mestne občine Maribor (Tertinek, 2024). Neodvisno so bili istega leta izvedeni tudi popisi dvoživk v akumulaciji na Trikotni jasi. Namen raziskave akumulacij za zasneževanje na Mariborskem Pohorju je bil (1) ugotoviti, katere vrste dvoživke so prisotne v akumulacijah in ali se tam tudi razmnožujejo, (2) opisati značilnosti akumulacij, ki lahko vplivajo na preživetje in razmnoževanje dvoživk v vodnih telesih, (3) oceniti vpliv teh značilnosti akumulacij na dvoživke in njihov potencial, da delujejo kot ekološke pasti, ter (4) predlagati ukrepe za izboljšanje značilnosti akumulacij z vidika vpliva na preživetje in razmnoževanje dvoživk. Pričakujemo, da bomo v akumulacijah našli več vrst dvoživk, kot jih je bilo zabeleženih do sedaj (do sedaj sta bili zabeleženi le navadna krastača in sekulja), ter da bomo potrdili njihovo razmnoževanje. Ker pa akumulacije niso optimalni habitatni za dvoživke in globoke stoječe vode brez vegetacije ne ustrezajo vsem vrstam, pričakujemo, da bo število vrst kljub temu majhno. Glede na specifične značilnosti in namensko rabo, predvidevamo, da so akumulacije potencialne ekološke pasti za dvoživke, a lahko z ukrepi za izboljšanje postanejo ustrezni sekundarni habitatni za razmnoževanje dvoživk. Raziskava je tudi prispevek k boljšemu razumevanju vloge umetnih vodnih teles pri ohranjanju dvoživk v preoblikovanih gozdnih ekosistemih.

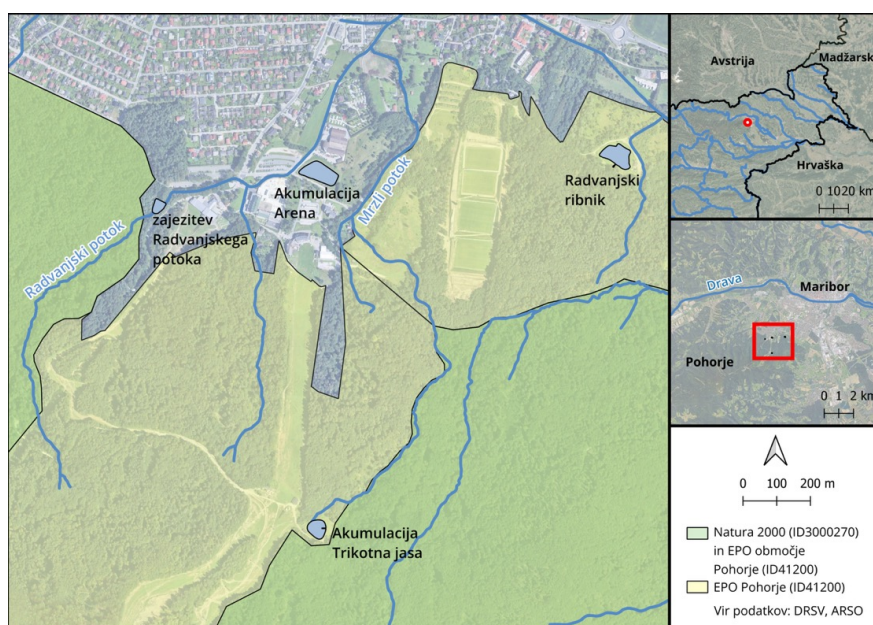
Material in metode

Akumulaciji za zasneževanje na Mariborskem Pohorju

Akumulacija Arena in Trikotna jasa (Sl. 1) sta nastali s posegom v prostor z namenom zajemanja vode za umetno zasneževanje smučišč na Mariborskem Pohorju. Akumulacija Arena je umeščena ob vznožju Pohorja v Zgornjem Radvanju, na nadmorski višini 312 m, medtem ko se akumulacija ob Trikotni jasi nahaja na pobočju Pohorja na nadmorski višini 560 m. Med akumulacijama je 1000 m zračne razdalje. Večji stalni stoječi vodi v bližini akumulacij sta Radvanjski ribnik in zajezev Radvanjskega potoka, obe na podobni nadmorski višini kot akumulacija Arena (Sl. 1). Radvanjski ribnik je od akumulacije Arena oddaljen 780 m in od akumulacije Trikotna jasa 1350 m zračne razdalje, zajezev Radvanjskega potoka pa 420 m oziroma 1000 m zračne razdalje.

Na podlagi podatkov o povprečni letni količini padavin za obdobje 1981–2010 leži akumulacija Arena na območju s 1100–1200 mm padavin letno, akumulacija Trikotna jasa pa na območju s 1200–1300 mm padavin letno. Obe vodni telesi pripadata območju s povprečno letno temperaturo 8–10 °C, prav tako merjeno za obdobje 1981–2010 (ARSO, 2021).

V gradbeni dokumentaciji (Akumulacija za zasneževanje Arena (št.2998/07), 2007) je kot leto izgradnje akumulacije Arena navedeno leto 1989. Od takrat je bila akumulacija vsaj štirikrat povečana in obnovljena. Njena globina znaša 5,9 m, površina ojezeritve 5400 m², prostornina pa 21.455 m³. Vtok v akumulacijo Arena je iz Radvanjskega potoka. Naklon brežine je 1:2 ali 26,6°. Iz te akumulacije se voda prek cevovoda prečrpava v akumulacijo Trikotna jasa ali se iz akumulacije direktno zasnežuje območje snežnega stadiona. Gradnja akumulacije ob Trikotni jasi se je začela leta 1992 in zaključila 1994 (Sanacija zadrževalnika ob Trikotni jasi (št. 18/95), 1995). Njena globina znaša 5,1 m,



Slika 1. Lokacija akumulacij za umetno zasneževanje Arena in Trikotna jasa na Mariborskem Pohorju z bližnjimi vodnimi telesi ter naravovarstvenimi območji (levo). Desno: Lega akumulacij v severovzhodni Sloveniji (rdeča točka) in na območju vzhodnega Pohorja z mestom Maribor (rdeč okvir). (Vir: ARSO, 2021; DRSV, 2024. Oblikovanje in kartografija: Žiga Tertinek)

Figure 1. Location of snowmaking accumulations, Arena and Trikotna jasa on Mariborsko Pohorje with proximal water bodies and nature conservation areas (left). Right: The location of the accumulations in northeastern Slovenia (red dot) and within the area of eastern Pohorje with the city of Maribor (red frame). (Source: ARSO, 2021; DRSV, 2024. Design and cartography: Žiga Tertinek)

površina ojezeritve 2450 m² (ARSO, 2021), prostornina pa 5643 m³. Vtok v akumulacijo je iz Mrzlega potoka na zahodni in potoka na vzhodni strani. Naklon brežine je od 1,9 do 1:1,5 ali 27,7°-33,7°. Akumulacijski bazen obeh vodnih teles je tesnjen s hrpavo polietilensko hidroizolacijsko folijo (geomembrano) iz PEHD, ki je položena na geotekstil in popolnoma neprepustna za vodo (Sanacija zadrževalnika ob Trikotni jasi (št. 18/95), 1995; Akumulacija za zasneževanje Arena (št. 2998/07), 2007). Geomembrana je črne barve in ni prekrita (z npr. kamni, gramozom, peskom, rastlinami). Ker je geomembrana drseča, so vzdolž brežin obeh akumulacijskih bazenov nameščene lestve iz gumijastih obročev, namenjene izhodu divjadi. V akumulaciji Arena sta nameščeni dve lestvi in v akumulaciji Trikotna jasa pet. Splošne značilnosti akumulacij so povzete v Tab. 2.

Akumulacija Trikotna jasa z okolico je del ekološko pomembnega območja Pohorje (EPO Pohorje ID 41200). Strnjen gozd južno in vzhodno je Natura 2000 območje Pohorje (ID 3000270) (Sl. 1). Zaradi bližine Natura 2000 (18 m) je akumulacija del vplivnega območja za kvalifikacijski vrsti hribski urh in veliki pupek (ZRSVN, 2021; Ur. l. RS 49/2004 in 110/2004).

Popisi dvoživk

Terensko delo je vključevalo popis dvoživk v akumulacijah Arena in Trikotna jasa. V akumulaciji Arena so bili marca in maja 2024 izvedeni štirje popisi dvoživk v okviru monitoringa pomladanske selitve dvoživk po naročilu Mestne občine Maribor (Tertinek, 2024). V akumulaciji Trikotna jasa je bilo med marcem in oktobrom 2024 izvedenih devet popisov. Datumi in ure terenskih obiskov so navedeni v Tab. S1. Dvoživke smo v akumulacijah iskali predvsem z opazovanjem med počasno hojo po nasipu zajetja. Zaradi strmih in gladkih brežin, prekritih z geomembrano, je bil dostop do vode mogoč le na mestih, kjer so bile vzdolž brežine nameščene lestve iz gum ali pa je gladina segala do travnatega dela brežine. Na teh mestih smo lovili z vodnimi mrežami ali z roko. Urhe smo beležili tudi s poslušanjem oglašajočih se samcev. S predvajanjem oglašanja smo izzivali samce zelene rege. Dokumentirali smo prisotnost posameznih vrst ali taksonov. Za določanje smo uporabili dihotomni ključ Veenvliet in Kus Veenvliet (2008) ter slikovni ključ Speybroeck in sod. (2016). Ujetim osebkom smo določili spol in jih razvrstili v starostne skupine: odrasli oz. adultni osebki, spolno nezreli oz. subadultni osebki (starejši od enega leta), mladi oz. juvenilni osebki (v letu

po preobrazbi) in ličinke. Paglavce in ličinke smo določali s pomočjo ročnih lup že na terenu. Mreste žab in jajca pupkov smo določili do najnižjega možnega taksona. Število osebkov ali jajc posameznih vrst oziroma taksonov dvoživk smo na dan popisa ocenili z vizualnim pregledom in štetjem med obhodom akumulacije. Zaradi odsotnosti vegetacije je bilo mreste in dvoživke ob dobri vidljivosti razmeroma enostavno opaziti. Razmnoževanje v vodnih akumulacijah smo za posamezne vrste potrdili s prisotnostjo amplexusa, jajc, mrestov, ličink ali pravkar preobraženih osebkov. Načrtno nismo ugotavljali uspešnosti razmnoževanja z iskanjem juvenilnih in subadultnih osebkov na kopnem, zabeležili smo le preobražene osebkke v vodi ali neposredno ob vodi, tj. na brežini akumulacije.

Po opravljenih meritvah in določitvi vrst smo vse ujete osebkke, brez poškodb, vrnili na prvotno mesto najdbe. Vse ugotovitve smo dokumentirali, vključno s fotografijami ali video posnetki dvoživk kot tudi obeh akumulacij. Terensko delo je potekalo z minimalno invazivnimi postopki in v skladu z dovoljenjem št. 35606-5/2023-2550-5 z dne 28. 3. 2023 izdanim s strani Ministrstva za naravne vire in prostor.

Kopnega izven nasipa akumulacije nismo načrtno pregledovali. Zabeležili smo prisotnost drugih vretenčarjev v akumulaciji. Vodnih nevretenčarjev nismo vzorčili, a smo zabeležili prisotnost vrst, ki smo jih opazili s prostim očesom.

Značilnosti akumulacij za zasneževanje, pomembne za dvoživke

V letu 2024 smo za obe akumulaciji popisali dejavnike oziroma značilnosti (Tab. 2), ki lahko vplivajo na preživetje in razmnoževanje dvoživk v vodnih telesih. Te smo povzeli iz splošne literature o dvoživkah (Veenvliet in Kus Veenvliet, 2008; Speybroeck in sod., 2016), iz raziskav o dvoživkah v umetnih akumulacijah, predvsem v zadrževalnikih meteorčnih vod in akumulacijah za zasneževanje (Brand in Snodgrass, 2010; McCarthy in Lathrop, 2011; Clevenot in sod., 2018; Fait in sod., 2020; Mathwin in sod., 2021; Gerfand in sod., 2024) ter druge literature o dejavnikih ogrožanja dvoživk (Stanković in sod., 2015; Pobjoljšaj in sod., 2018). Pri popisu dejavnikov se nismo osredotočili na specifične vrste dvoživk, četudi lahko isti dejavniki na različne vrste vplivajo različno (Clevenot in sod., 2018). Podatke o akumulacijah, upravljanju in okolici smo pridobili iz gradbene dokumentacije akumulacij, od upravljalca (Marprom, ustno), iz Naravovarstvenega atlasa (ZRSVN, 2021), Atlasu voda (DRSV, 2024) in meritev oziroma opazovanj na terenu med

popisi dvoživk. Med terenskimi obiski smo v akumulaciji preverjali prisotnost/odsotnost: vode, plitvin (delov z globino vode do 30 cm), vodne vegetacije in drugih naravnih (npr. kamni, veje) ali umetnih (npr. cevi, večji odpadki) skrivališč v vodi, osončenosti gladine ter drugih vretenčarjev. Pregledali smo brežino in nasip akumulacije za prisotnost lesne vegetacije. Pregledali smo neposredno okolico akumulacije (do 50 m oddaljenosti) in zabeležili vodne habitate (stoječe vode, tekoče vode), kopenske habitate (travnik, gozd) ter ceste. Ob maksimalni napolnjenosti bazena, ki je določena z iztokom iz akumulacije, smo določili maksimalno višino vode. Na dneve popisov, ko so bile v akumulaciji prisotne dvoživke, smo z merilnim trakom (± 1 cm) izmerili morebiten upad vode od maksimalne višine vode in tako dobili oceno o nihanju gladine. Vsakič smo pregledali tudi celotno brežino akumulacije in preverili morebitno prisotnost suhega pasu geomembrane, tj. geomembrane, ki je nad gladino vode. Morebiten suh pas geomembrane smo na več mestih izmerili z merilnim trakom (± 1 cm) in tako dobili oceno širine suhega pasu geomembrane, t. razdaljo med gladino vode v akumulaciji in med travnatim delom brežine. Vsakič smo s kotomerom na več mestih izmerili tudi naklon brežine v območju suhega pasu geomembrane. Podatke o letnem praznjenju in čiščenju akumulacije smo dobili od upravljalca. Najkrajšo zračno oddaljenost cest, gozda in drugih naravnih habitatov od najbližjega roba akumulacije smo izmerili na zemljevidu območja (ZRSVN, 2021).

Rezultati

Dvoživke v akumulacijah

V letu 2024 smo v dveh akumulacijah na Mariborskem Pohorju popisali osem vrst dvoživk: navadnega močera (Salamandra salamandra), velikega pupka (Triturus carnifex), planinskega pupka (Ichthyosaura alpestris), navadnega pupka (Lissotriton vulgaris), hribskega urha (Bombina variegata), navadno krastačo (Bufo bufo), sekuljo (Rana temporaria) in rosnico (Rana dalmatina) (Tab. 1). V akumulaciji Arena so bile dvoživke zabeležene samo na enem od štirih izvedenih popisov (Tab. S1). Najdeni so bili mresti sekulje in mresti ter paglavci navadne krastače. V maju v akumulaciji ni bilo ličink ali v neposredni bližini preobraženih osebkov, zato uspešnega razmnoževanja nismo potrdili. V akumulaciji Trikotna jasa so bile dvoživke zabeležene na vseh popisih od marca do oktobra (Tab. S1). Razmnoževanje je bilo potrjeno za velikega pupka, planinskega pupka, navadnega pupka, hribskega urha, sekuljo in rosnico.

Močerad in pupki so bili najdeni zgolj v akumulaciji Trikotna jasa (Tab. 1, Tab. S1). Navadni močerad je bil zaznan le kot kadaver v oktobrskem popisu. Odrasle pupke smo opazili med dviganjem proti gladini po zrak in ležanjem na podlagi v plitvi vodi. Zaradi omejene dostopnosti in slabše vidljivosti, večine nismo identificirali do vrste oziroma spola. Potrdili smo samo oba spola velikega pupka. Od jajc

Tabela 1. Dvoživke v akumulacijah Arena in Trikotna jasa na Mariborskem Pohorju. Največje število primerkov (glede na takson in razvojni stadij) na posamezen popis: * < 5 primerkov, ** 5–10 primerkov, *** > 10 in < 30 primerkov, **** > 30 primerkov

Table 1. Amphibians in the snowmaking accumulations, Arena and Trikotna jasa at Mariborsko Pohorje. Maximum number of specimens (by taxon and developmental stage) per visit: * < 5 specimens, ** 5–10 specimens, *** > 10 and < 30 specimens, **** > 30 specimens

Name of the Bacterial species	Akumulacija Arena		Akumulacija Trikotna jasa			
	mrest	ličinke	jajca/mrest	ličinke	mladi	odrasli
navadni močerad, <i>Salamandra salamandra</i>						*
veliki pupek, <i>Triturus carnifex</i>			***			**
planinski pupek, <i>Ichthyosaura alpestris</i>				****		
navadni pupek, <i>Lissotriton vulgaris</i>				*		
pupki nedoločeni				****		***
hribski urh, <i>Bombina variegata</i>						*
navadna krastača, <i>Bufo bufo</i>	****	****				
sekulja, <i>Rana temporaria</i>	***		****	****		****
rosnica, <i>Rana dalmatina</i>			**			*
<i>Rana</i> sp. nedoločeni			****	****	****	****

pupkov smo opazili samo jajca in nekaj dni stare zarodke velikega pupka, ki so bili prilepljeni ter zaviti v odpadnem kosu papirja, ki je ležal v vodi med gumami (Sl. 2). Do naslednjega popisa je gladina vode toliko upadla, da je papir z jajci ostal na suhem. Ličink velikega pupka nismo našli. Ličinke planinskega pupka so bile številčne in v juliju potrjene na vseh popisih, medtem ko so bile ličinke navadnega pupka najdene samo na enem popisu (Tab. 1, Tab. S1). Navadna krastača je bila najdena samo v akumulaciji Arena, kjer smo marca zabeležili mreste in ličinke. Hribski urh je bil najden samo v akumulaciji Trikotna jasa. Najdeni so bili samo odrasli osebki in to v juniju ter juliju (Tab. S1). Opaženi so bili samci, ki so lebdeli na sredini akumulacije in se oglašali (največ 2 na posamezen popis). V začetku julija je bil, razen posameznih samcev, pod gumami v vodi najden tudi amplexus. Teden kasneje so bili v vodi tik ob brežini, na treh različnih mestih, hkrati najdeni 3 mrtvi odrasli hribski urhi (Sl. 3). Med popisi v bližini akumulacije nismo opazili manjših začasnih stoječih vod (v jarkih, kolesnicah) ali luž, v katerih bi se lahko zadrževali. Marca so bili v akumulaciji Arena mresti sekulje (Tab. S1), vendar paglavcev

ali preobraženih osebkov ni bilo najdenih v nobenem od popisov. V akumulaciji Trikotna jasa so bili marca prisotni mresti sekulje in rosnice kot tudi odrasli osebki obeh vrst, pri čemer so mresti sekulje prevladovali. Konec junija so bili najdeni tako paglavci kot pravkar preobraženi osebki rjavih žab (Tab. S1). V začetku julija so množično migrirali na kopno, pri tem pa se prilepili na geomembrano in poginili. Pojav smo opazovali kljub dopoldanski uri vzorčenja (8–10h). Na dan vzorčenja 5. 7. 2024 smo na geomembrani brežine prešteli okoli 500 mrtvih pravkar preobraženih osebkov (Sl. 3). Nekaj kadavrov mladih osebkov je bilo tudi v vodi (< 5). Marca in oktobra so bili ob robu v vodi tudi posamezni kadavri odraslih rjavih žab.

Značilnosti akumulacij za zasneževanje, pomembne za dvoživke

Za akumulaciji Arena in Trikotna jasa smo v letu 2024 popisali dejavnike oziroma značilnosti vodnih teles (Tab. 2), ki so glede na literaturo pomembne za preživetje in razmnoževanje dvoživk v vodnih telesih.



Slika 2. Odpadni papir v gumah v akumulaciji Trikotna jasa na Mariborskem Pohorju (levo), v katerega so bila zavita jajca velikega pupka (*Triturus cristatus*) (desno). (Fotografiji: Tina Klenovšek (levo) in Ana Skledar (desno)).

Figure 2. Waste paper within tires in the Trikotna jasa accumulation at Mariborsko Pohorje (left), in which the eggs of the Italian Crested Newt (*Triturus cristatus*) were wrapped (right). (Photos: Tina Klenovšek (left), Ana Skledar (right))

Tabela 2. Značilnosti akumulacij za umetno zasneževanje Arena in Trikotna jasa na Mariborskem Pohorju.

Table 2. Characteristics of the snowmaking accumulations Arena and Trikotna jasa at Mariborsko Pohorje.

Splošne značilnosti akumulacij	Akumulacija Arena	Akumulacija Trikotna jasa
lokacija	46.53396, 15.60361	46.52448, 15.60344
nadmorska višina	312 m	560 m
leto izgradnje	1989	1994
globina	5,9 m	5,1 m
površina ojezeritve	5400 m ²	2450 m ²
prostornina	21.455 m ³	5643 m ³
naklon brežine	1:2 ali 26,6°	1:1,9–1:1,5 ali 27,7°–33,7°
material obloge ojezeritve	geomembrana PEHD	geomembrana PEHD
Značilnosti akumulacij pomembnih za dvoživke		
stalna voda v času razmnoževanja	da	da
nihanje gladine vode	do 30 cm	do 100 cm
plitvine (< 30 cm globine)	da	da
vodna vegetacija	ne	ne
druga naravna skrivališča v vodi	ne	ne
umetna skrivališča v vodi	lestvi iz gum	lestve iz gum
osončenost vode (senčenje)	da (brez senčenja)	da (senčenje bližnjega gozda)
ribe	sončni ostriži, krapovci	ne
drugi plenilci (vretenčarji) v/na vodi	želve	belouške, mlakarice
letno praznjenje in čiščenje akumulacije	ne	da (jeseni)
suh del brežine ob maksimalni gladini vode	travnat	travnat, pas geomembrane
širina suhega pasu geomembrane ob maksimalni gladini vode	0 cm	20-170 cm
širina suhega pasu geomembrane ob minimalni izmerjeni gladini vode	do 50 cm	200-450 cm
naklon brežine iz suhe geomembrane (izmerjen)	do 30°	30°-60°
lesna vegetacija na brežini/nasipu akumulacije	ne	ne
druge stalne stoječe vode do 1000 m oddaljenosti (število in zračna razdalja)	3 (420 m, 780 m, 1000 m)	2 (obe 1000 m)
neposredna bližina (< 50 m) tekočih voda	1 kanaliziran potok	2 naravna potoka
neposredna bližina (< 50 m) manjših nestalnih stoječih voda	da	zelo redko, občasno
oddaljenost strnjene gozda	> 250 m	< 50 m
neposredna bližina (< 50 m) travnikov	da	da
lega znotraj naravovarstvenega območja	ne	da (EPO Pohorje)
neposredna bližina (< 50 m) ceste	2 asfaltni cesti	1 gozdna cesta
urbano okolje	da	ne

Akumulacija Arena

Ob akumulaciji Arena se nahajajo naselje, smučarski center in v manjši meri naravni habitati (Sl. 1). V neposredni bližini akumulacije so športni objekt, parkirišče in dve povezovalni cesti. Vzhodno od akumulacije so raznoliki habitati, med njimi nižinski travniki, mejice, zelenice, fragmenti gozda in mokrotni travniki z majhnimi nestalnimi vodami. V bližini je kanaliziran Radvanjski potok, ki napaja akumulacijo, vendar

je med njima cesta. Večji strnjen gozd je oddaljen več kot 250 m, najkrajša migracijska pot do gozda pa je prekinjana z objekti in cestami. Nasip okoli akumulacije je bil v letu 2024 poraščen s travo, košen in brez lesne vegetacije. Ob maksimalni napolnjenosti akumulacije je gladina vode segala do roba trave. Na prehodu med travnatim delom nasipa in akumulacijskim bazenom, ki je tesnjen z geomembrano, je bil približno 1 m širok pas iz neprekrute geomembrane, ki je bil ob maksimalni napolnjenosti akumulacije zalit z vodo

in tvoril plitvino. Akumulacija je bila povsem brez vodne vegetacije. Na nasipu ali v vodi ni bilo naravnih skrivališč za dvoživke. Edina nedrseča podlaga za odlaganje mrestov sta bili lestvi iz gumijastih obročev, na katerih so bili najdeni mresti sekulje in navadne krastače. V vodi so bili sončni ostriži (*Lepomis* sp.), krapovci (Cyprinidae) in invazivna tuje-rodna vrsta želve (*Trachemys* sp.). Akumulacije se trenutno ne čisti. Med vsemi popisi je bila v akumulaciji voda. Na popisu v marcu, ko so bili v akumulaciji mresti in paglavci, je bila gladina 30 cm nižja od maksimalne. Med travnatim delom brežine in vodo je bil zato suh pas geomembrane, širine do 50 cm.

Akumulacija Trikotna jasa

Akumulacijo Trikotna jasa obdaja 5–20 m širok košen travnat pas, v katerem se nahajata nasip akumulacije in gozdna cesta. Pas obdaja obsežno območje strnjene gozda (kolinska kisloljubna bukovja), ki ga na zahodni strani prekinja smučišče s suhimi travišči na silikatih in ruderal-

nimi združbami. Ob akumulaciji sta dva potoka z manjšimi tolmunji (do 1 m²), v bližini katerih so bili med popisi posamezni spolno nezreli osebkovi rjavih žab. Na vseh popisih je bila v akumulaciji voda, a je gladina nihala do 100 cm (Sl. 3). Voda v akumulaciji se je poleti uporabljala za zalivanje površin v dolini. Za razliko od akumulacije Arena, voda, niti ob maksimalni napolnjenosti akumulacije, na nobenem delu ni segala do travnatega dela nasipa. Pas nepokrite geomembrane, ki je bil tudi ob maksimalnem vodostaju suh, je bil okrog in okrog akumulacije neprekinjen ter širok od 20 cm na najožjem ter do 170 cm na najširšem delu. Ob najnižjem izmerjenem vodostaju (100 cm pod maksimalno gladino) je bil pas suhe geomembrane na najožjem delu širok 200 cm in na najširšem 450 cm (Sl. 3). Tudi ob najnižjem vodostaju so lestve iz gum segale do vode. Naklon brežine iz suhe geomembrane je bil povsod strm, od 30° do 60°. Pas iz geomembrane je bil ovira na migracijski poti dvoživk iz vode na kopno. Na suhi geomembrani okrog akumulacije smo v enem popisu prešteli več kot 500 mrtvih mladih osebkov rjavih žab. Ob najnižjem vodostaju



Slika 3. Pogini dvoživk v akumulaciji za umetno zasneževanje Trikotna jasa na Mariborskem Pohorju. Levo: Gladina vode v akumulaciji je bila med popisom v juliju 75 cm nižja od maksimalne. Zaradi nižje gladine je bil pas iz suhe geomembrane širok od 170 do 360 cm. Suha, gladka in strma brežina iz geomembrane je bila za dvoživke ovira med migracijo iz vode na travnat nasip. Desno zgoraj: Mrtve hribski urh v vodi ob robu brežine. Desno spodaj: Mrtvi, pravkar preobraženi mladi osebki rjavih žab, ki so se med migracijo iz vode prilepili na geomembrano in posušili. (Fotografije: Tina Klenovšek)

Figure 3. Amphibian mortalities in the Trikotna jasa snowmaking accumulation. Left: The water level in the accumulation was 75 cm below the maximum during sampling in July. Due to the lower water level, the strip of dry geomembrane was 170 to 360 cm wide. The dry, smooth, and steep geomembrane bank was an obstacle for amphibians migrating from the water to the grassy embankment. Top right: Dead Yellow-bellied Toad in the water at the edge of the bank. Bottom right: Dead, newly metamorphosed juvenile brown frogs that adhered to the geomembrane and dried out during migration from the water. (Photos: Tina Klenovšek)

so bili v vodi akumulacije tik ob brežini najdeni 3 kadavri odraslih hribskih urhov (Sl. 3). Podobno so bili ob različnih popisih najdeni tudi kadavri posameznih odraslih rjavih žab, navadnega močera, kuščaric in kopenskih žuželk. Zaradi upada gladine vode so bili na suho naplavljeni jajca in zarodki velikega pupka.

V akumulaciji ni bilo vodne vegetacije, obvodne lesne vegetacije ali drugih naravnih skrivališč. Dno in stranice bazena akumulacije so bile iz neprekrte geomembrane in zato zelo gladke. Edina skrivališča in podlaga za odlaganje mrestov so bile v vodo spuščene lestve iz trdih gumijastih obročev oziroma avtomobilskih gum. Tam so rjave žabe odlagale mreste. Med popisom v oktobru so bile žabe in pupki opaženi izključno v in pod avtomobilskimi gumami. Rib v akumulaciji nismo zaznali. Akumulacijo se vsako leto izprazni in očisti. Na vseh poletnih popisih so bile v vodi ali na travnatem nabrežju akumulacije opažene belouške (*Natrix natrix*), največ 3 hkrati. Opazili smo, da na geomembrani nimajo dovolj oprijema in lahko iz akumulacije, ob nizki vodi, splezajo samo po ali tik ob lestvi iz gum. Na travnatem obrežju je bil tudi slepec (*Anguis fragilis*) in v vodi en par rac mlakaric (*Anas platyrhynchos*). Na vseh popisih so bile v vodi številne hrbtoplovke (*Notonectidae*), medtem ko drugih večjih nevretenčarjev nismo opazili.

Diskusija

Raziskava prisotnosti dvoživk v akumulacijah za zasneževanje na Mariborskem Pohorju je potrdila, da so lahko umetni vodni habitati za dvoživke mesta za razmnoževanje kot tudi potencialne ekološke pasti. V eni sezoni smo v dveh akumulacijah skupno popisali osem vrst dvoživk, od tega sedem v akumulaciji Trikotna jasa in dve v akumulaciji Arena. Pri vseh, razen navadnem močera, smo potrdili razmnoževanje v akumulacijah. Zabeležili smo tudi propad jajc in pogine dvoživk, ki so bili neposredno povezani s specifičnimi značilnostmi in namensko rabo akumulacij za zasneževanje.

V akumulaciji Arena smo zabeležili le sekulje in navadne krastače, četudi smo glede na nizko nadmorsko višino in število zabeleženih vrst dvoživk v okolici akumulacije (Poboljšaj in sod., 2001; Tertinek, 2024) pričakovali več vrst. Glavni razlog za odsotnost drugih vrst je verjetno prisotnost rib, saj so akumulacijo Arena prav zaradi velikega števila rib Govedič in sodelavci že leta 2009 označili kot neprimerno za dvoživke. Druge vrste dvoživk

lahko v bližini najdejo tudi druga ustrežnejša vodna telesa, saj akumulacija leži na ravnem terenu, kjer ilovnata tla dobro zadržujejo vodo. Četudi so mokrišni habitati v večji meri degradirani, so v bližini manjša vodna telesa, v katerih so bile najdene dvoživke (Tertinek, 2024). Navadni krastači in sekulji akumulacije za zasneževanje ustrezajo, saj so v študiji iz francoskih Alp v kar 68 % od skupno 28 akumulacij za zasneževanje potrdili razmnoževanje prav teh dveh vrst (Gerfand in sod., 2024). Na razmnoževanje sekulje in navadne krastače v akumulaciji Arena je, razen rib, močno vplivalo tudi nihanje gladine vode, saj so mreste v glavnem odložile na lestve iz gum ali v plitvine, kjer so se le-ti ob spustu gladine ujeli ali prilepili na geomembrano ter posušili. Podoben množičen propad mrestov je bil v akumulaciji Arena zabeležen že v letu 2022 (Tertinek in Skledar, 2022). Negativno na preživetje odraslih dvoživk med selitvijo na mrestišče vpliva tudi lega akumulacije Arena. Predvsem navadne krastače se v akumulacijo selijo iz strnjenega gozda na pobočju Pohorja, pri čemer morajo prečkati vsaj dve cesti in jih je veliko povoženih (Tertinek in Skledar, 2022, druga lastna opažanja). Navadna krastača je vrsta, ki za razmnoževanje izbira velike, globoke stoječe vode (Veenvliet in Kus Veenvliet, 2008), kar so tudi glavne značilnosti vodnih akumulacij. Če živali takšno vodo ocenijo kot ustrezno in jo prednostno izberejo, kljub temu da imajo v njej manjše možnosti za preživetje ter razmnoževanje kot v drugih razpoložljivih habitatih, to ustreza definiciji ekološke pasti (Robertson in Hutto, 2006). V letu 2024 v bližnjih stoječih vodah (pregledana ni bila edino zajezev Radvanjskega potoka), ni bilo najdenih mrestov navadne krastače (ta raziskava, Tertinek 2024). Navadna krastača je torej, kljub drugim razpoložljivim habitatom, za razmnoževanje izbrala akumulacijo Arena, četudi je izbira vodila v propad mrestov in paglavcev. Ocenjujemo, da je akumulacija Arena za navadno krastačo potencialna ekološka past, saj menimo, da trenutno ne omogoča zadostnega razmnoževalnega uspeha za vzdrževanje stabilne ali rastoče populacije brez priseljevanja (Battin 2004). Za potrditev akumulacije Arena kot ekološke pasti za navadno krastačo bi bilo potrebno bolj sistematično spremljanje razmnoževanja in razvoja osebkov tako v akumulaciji kot drugih razpoložljivih vodnih habitatih skozi celo sezono.

V akumulaciji Trikotna jasa smo popisali sedem vrst dvoživk in od tega za šest potrdili razmnoževanje. Največ je bilo rjavih žab, predvsem sekulj, ki so tudi sicer najpogostejša in splošno razširjena vrsta dvoživk na Mariborskem Pohorju (Govedič in sod., 2009). Z naravovarstvenega

vidika sta bili najpomembnejši najdbi hribskega urha in velikega pupka. Hribske urhe smo v akumulaciji zabeležili na več zaporednih popisih, dvakrat po tri odrasle osebkke hkrati. Samostojne stoječe vode, kot je akumulacija, štejejo kot vode z veliko gostoto hribskih urhov, če v njih ob enkratnem ogledu opazimo več kot štiri odrasle osebkke (Poboljšaj in sod., 2011). Na enem od ogledov smo našli tudi tri mrtve odrasle osebkke. Gladina vode je bila takrat nizka, suha brežina iz geomembrane pa široka. Geomembrana se je čez dan tudi močno segrela. Lahko so poginili od izčrpanosti, ko so poskušali zapustiti akumulacijo, saj običajno naseljujejo manjše plitke vode in niso dobri plezalci. V sezoni razmnoževanja se selijo med vodnimi in kopenskimi habitatmi. Daljše zadrževanje v akumulaciji pa je lahko neugodno zaradi pomanjkanja hrane, saj v vodi razen hrbtoplovk nismo opazili vodnih nevretenčarjev ali njihovih ličink. Hribski urh je na Mariborskem Pohorju zaradi pomanjkanja primernih razmnoževalnih habitatov redek (Govedič in sod., 2024; Poboljšaj in sod., 2011). V bližini akumulacije Trikotna jasa je bil v preteklosti že zabeležen v manjši stoječi vodi v kolovozu (Govedič in sod. 2009), kar je sicer zanj značilen sekundarni habitat. Med popisi v letu 2024 v bližini akumulacije nismo opazili podobnih manjših stoječih vod.

Druga pomembna vrsta je bil veliki pupek. V akumulaciji Trikotna jasa smo zabeležili odrasle osebkke in jajca kot tudi propad jajc in zarodkov, vendar za razliko od rjavih žab in hribskih urhov, v vodi na nobenem od popisov nismo našli mrtvih odraslih pupkov. V letu 2009 Govedič in sodelavci, kljub intenzivnemu vzorčenju na Mariborskem Pohorju, velikega pupka niso našli. Akumulaciji Arena in Trikotna jasa so, zaradi stalnosti in velikosti vode, prepoznali kot najbolj primerni mrestišči za velikega pupka. Predvidevali so, da ga v akumulaciji Trikotna jasa ni zaradi popolne odsotnosti vodne vegetacije. Veliki pupek je v Sloveniji splošno razširjen, a razmeroma redek (Veenvliet in Kus Veenvliet, 2008). Za ohranitev viabilne populacije je potrebna mreža ustreznih mrestišč, tj. stalnih ali začasnih stoječih vod, lahko tudi antropogenih vodnih habitatov, kjer je pogosto najden (Cipot in sod., 2011; Lešnik, 2021). Akumulacija Trikotna jasa je lahko eno od mrestišč v mreži vodnih habitatov, ki vključuje tudi območja v Radvanju in Razvanju, oddaljena približno 1300 m, s katerimi jo povezuje strnjen gozd, ki je del Natura 2000 območja. Takšna mreža potencialnih mrestišč je pomembna tako za velikega pupka kot tudi za druge dvoživke.

V akumulaciji Trikotna jasa je prišlo tudi do pogina velikega števila (> 500) mladih, pravkar preobraženih rjavih

žab. Pogin je bil v celoti posledica suhega pasu geomembrane, na katero so se osebkki prilepili med migracijo iz vode ali nazaj. Najdeni so bili na celotnem pasu suhe geomembrane, kljub različnim naklonom in širini pasu, in niso izbrali določene smeri ali mesta migracije. Manjši naklon je sicer za dvoživke bolj ugoden, a je bila pot v tem primeru iz vode do trave daljša (do 450 cm; Tab. 2). Glavna razloga za pogin juvenilnih osebkov rjavih žab sta bila nepokritost suhega pasu geomembrane in strm naklon brežine (30° in 60°, Tab. 2). Za primerjavo, Gerfand in sod. (2024) so ugotovili, da se smrtnost dvoživk in drugih živali v akumulacijah za zasneževanje sistematično pojavlja z nakloni brežine večjimi od 16,5°, pri čemer je bilo 73 % opaženih mrtvih živali najdenih v akumulacijah brez ali s samo delno prekritostjo geomembrane (npr. s kamni, gramozom).

Pestrost dvoživk, tako po številu vrst kot številu osebkov, je bila v akumulaciji Trikotna jasa nepričakovano visoka. Manjšo pestrost smo pričakovali iz več razlogov. Prvič, v tej akumulaciji je bila do sedaj zabeležena samo sekulja (Govedič in sod., 2009). Drugič, akumulacije za zasneževanje so za dvoživke z več vidikov neugodni sekundarni habitatmi, ki lahko delujejo kot ekološke pasti in zmanjšujejo njihovo številčnost ali celo povzročijo lokalno izumrtje populacij (Battin, 2004). In tretjič, globoke stoječe vode, ali vode popolnoma brez vegetacije, niso značilen vodni habitat za večino od najdenih vrst (Veenvliet in Kus Veenvliet, 2008), zato ne bi pričakovali, da jih bodo izbrale za razmnoževanje. Značilnosti akumulacije Trikotna jasa, ki verjetno vplivajo na visoko pestrost dvoživk so odsotnost rib, pomanjkanje ali oddaljenost alternativnih vodnih habitatov in bližina ustreznih kopenskih habitatov. Razpoložljivost in povezanost s kopenskimi habitatmi pa je pomemben napovednik pestrosti dvoživk v akumulacijah (McCarthy in Lathrop, 2011). V akumulaciji smo pričakovali še navadno krastačo. Za vznožje Pohorja so znane še zelena rega (*Hyla arborea*) in zelene žabe (*Pelophylax* kl. *esculentus*), a jih, verjetno zaradi višje nadmorske višine in popolne odsotnosti vodne vegetacije, v akumulaciji Trikotna jasa nismo potrdili.

Akumulacija Trikotna jasa ima zaradi strme brežine iz nepokrite suhe geomembrane, ki je drseča in se na soncu močno segreje, elemente ekološke pasti. Nekaterim dvoživkam namreč onemogoča izhod iz akumulacije, zaradi česar te v vodi ali na brežini poginejo. Učinek je še posebej izrazit ob nizkem vodostaju, ko je brežina iz suhe geomembrane široka več metrov. Vendar učinek ni za vse vrste ali razvojne stadije dvoživk enak. Najbolj so ogroženi hribski urh in mladi osebkki rjavih žab, medtem ko vpliva na

odrasle pupke nismo opazili. Za natančno oceno in potrditev učinka ekološke pasti bi morali za vsako vrsto dvoživke posebej, podobno kot za navadno krastačo v akumulaciji Arena, raziskati razmnoževalni uspeh tako v akumulaciji kot v bližnjih alternativnih habitatih. Druge omejitve te raziskave so, da vzorčenje ni bilo kontinuirano skozi celotno sezono raziskave, zato smo lahko katero od vrst dvoživk spregledali. Prav tako smo lahko spregledali vplive, ki jih imajo posamezne značilnosti akumulacij na dvoživke. Dodatno bi lahko popisali še povezljivost akumulacije z drugimi vodnimi habitatimi, temperaturo vode in morebitno onesnaženje vode. Zaradi razlik med trajanjem vzorčenja, rezultati med akumulacijama tudi niso neposredno primerljivi.

Iz rezultatov povzemamo, da akumulacije za zasneževanje niso optimalni vodni habitatimi za dvoživke, a jih te kljub temu uporabljajo za razmnoževanje. Skupne značilnosti akumulacij za zasneževanje so predvsem odsotnost vodne vegetacije, stalna prisotnost vode v času sezone razmnoževanja dvoživk in strme brežine. Med akumulacijami so lahko precejšnje razlike v vrstni sestavi dvoživk, ki akumulacijo uporabljajo za razmnoževanje. Na to med drugim vplivajo prisotnost rib, lega in okolica akumulacij. Dvoživke v akumulacijah najbolj ogrožajo strme brežine iz nepokrite suhe geomembrane in nihanje gladine vode, vendar ti dejavniki na različne vrste dvoživk vplivajo različno. Naša raziskava dopolnjuje ugotovitve, da lahko umetni vodni habitatimi na dvoživke delujejo kot ekološke pasti (Brand in Snodgrass, 2010; Clevelot in sod., 2018; Lešnik, 2021; Caballero-Díaz in sod., 2022; Gerfand in sod., 2024).

S primernim upravljanjem in načrtovanjem akumulacij za zasneževanje lahko preprečimo, da bi te zaradi svojih lastnosti in namenske rabe za dvoživke učinkovale kot pasti. Osnovni ukrep za uspešnost razmnoževanja v akumulaciji Arena bi bilo letno pozno jesensko praznjenje akumulacije in odstranjevanje usedlin, kar bi preprečilo obstoj rib (Mathwin in sod., 2021). V obeh akumulacijah bi bilo potrebno geomembrano prekriti z materialom, ki bi dvoživkam omogočil, da v vseh vodostajih varno zapustijo

akumulacijo. V času razmnoževanja dvoživk (marec–julij) se iz akumulacij ne bi smela spuščati voda, saj nihanje gladine na suho naplavi jajca oziroma mreste. Nove akumulacije bi morale razen naštetega imeti položne brežine (do 16,5°), predele z vodno vegetacijo in morebitne cestne podhode za dvoživke.

Supplementary Material

Dod. Mat. Tabela S1. Prisotnost dvoživk (z razvojnimi stadijem in spolom) v akumulacijah Arena in Trikotna jasa na Mariborskem Pohorju glede na datum popisa.

Supp. Mat. Table S1. Presence of amphibians (with developmental stage and sex) in the Arena and Trikotna jasa accumulations on Mariborsko Pohorje according to sampling date.

Author Contributions

Koncept, metodologija, validacija, urejanje podatkov in pisanje prispevka T.K., Ž.T. in A.S. Vsi avtorji so prebrali objavljeno različico rokopisa in se z njo strinjali.

Acknowledgement

Zahvaljujemo se Skupni občinski upravi Maribor, Javnemu podjetju Marprom in Društvu študentov naravoslovja (DŠN) za sodelovanje in podporo pri raziskavi. Za pomoč na terenu se zahvaljujemo Primožu Kovačiču, Lari Kovačič in Timu Skudniku. Za strokovno pomoč se zahvaljujemo Anji Bolčina in Pii Golob.

Funding

Zbiranje podatkov v akumulaciji Arena v Zgornjem Radvanju je bilo izvedeno v okviru monitoringa pomladanskih selitev dvoživk v Radvanju po naročilu Skupne občinske uprave Maribor. Delo je nastalo tudi s podporo P1-0403 Računsko intenzivni kompleksni sistemi (financer: ARIS).

Conflicts of Interest

Avtorji ne navajajo navzkrižja interesov.

Viri

- Akumulacija za zasneževanje Arena (št.2998/07), 2007. Vodnogospodarski biro Maribor d.d.
- ARSO, 2021. Atlas okolja. Ljubljana, Ministrstvo za naravne vire in prostor. Agencija RS za okolje.
- Battin, J., 2004. When Good Animals Love Bad Habitats: Ecological Traps and the Conservation of Animal Populations. *Conservation Biology*, 18, 1482–1491. <https://doi.org/10.1111/j.1523-1739.2004.00417.x>
- Brand, A.B., Snodgrass, J.W., 2010. Value of artificial habitats for amphibian reproduction in altered landscapes. *Conservation Biology*, 24, 295–301. DOI: 10.1111/j.1523-1739.2009.01301.x
- Buono, V., Bissattini, A.M., Vignoli, L., 2019. Can a cow save a newt? The role of cattle drinking troughs in amphibian conservation. *Aquat. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.*, 29, 964–975. DOI:10.1002/aqc.3126
- Caballero-Díaz, C., Sánchez-Montes, G., Gómez, I., Díaz, A., Martínez-Solano, I., 2022. Artificial water bodies as amphibian breeding sites: the case of the common midwife toad (*Alytes obstetricans*) in central Spain. *Amphibia-Reptilia*, 43, 395–406. 10.1163/15685381-bja10115.
- Cipot, M., 2007. Poročilo o delu skupine za dvoživke. V: Polajnar, J. (ur.) Raziskovalni tabor študentov biologije Lovrenc na Pohorju 2005, Društvo študentov biologije. Ljubljana, str. 73–80.
- Cipot, M., Govedič, M., Lešnik, A., Pobiljšaj, K., Skaberne, B., Sopotnik M., Stanković, D., 2011. Vzpostavitev monitoringa velikega pupka (*Triturus carnifex*). Center za kartografijo favne in flore, Miklavž na Dravskem polju.
- Clevenot, L., Carré, C., Pech, P., 2018. A Review of the Factors That Determine Whether Stormwater Ponds Are Ecological Traps And/or High-Quality Breeding Sites for Amphibians, *Front. Ecol. Evol.*, 6, 40. doi: 10.3389/fevo.2018.00040
- DRSV, 2024. Atlas voda. Direkcija RS za vode. ATLAS VODA
- Dwernychuk, L.W., Boag, D.A., 1972. Ducks nesting in association with gulls: an ecological trap? *Can. J. Zool.*, 50, 559–563. doi: 10.1139/z72-076
- Fait, P., Demierre, E., Ilg, C., Oertli, B., 2020. Small mountain reservoirs in the Alps: New habitats for alpine freshwater biodiversity? *Aquatic Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst*, 30, 617–630. <https://doi.org/10.1002/aqc.3306>
- Gerfand, B., Arthaud, F., Evette, A., Testi, B., Peyras, L., Gaucherand, S., 2024. Ecological quality of snowmaking reservoirs in the Alps and management perspectives. *Aquat Sci*, 87, 9. <https://doi.org/10.1007/s00027-024-01136-0>
- Govedič, M., Ambrožič, Š., Cipot, M., Kapla, A., Lešnik, A., Rebeušek, F., Šalamun, A., Vrezec, A., 2009. Inventarizacija izbranih živalskih skupin na vplivnem območju predvidene razširitve in posodobitve zimsko športnega centra Pohorje. Center za kartografijo favne in flore, Miklavž na Dravskem polju.
- Grudnik, Z.M., Triglav Brežnik, G., 2015. Vzpostavitev in izvajanje monitoringa izbranih ciljnih vrst dvoživk v letih 2014 in 2015, Zvezek 3: Vzpostavitev in izvajanje monitoringa velikega pupka (*Triturus carnifex*) v letih 2014 in 2015. Končno poročilo. ERICo Velenje, Inštitut za ekološke raziskave d.o.o., Velenje.
- IUCN 2025. The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2025-1. <https://www.iucnredlist.org>
- Janssen, J.A.M., Rodwell, J.S., Garcia Criado, M., Arts, G.H.P., Bijlsma, R.J., Schaminee, J.H.J., 2016. European Red List of Habitats: Part 2. Terrestrial and freshwater habitats. European Union. <https://doi.org/10.2779/091372>
- Lešnik, A., 2021. Veliki pupek (*Triturus carnifex*) v območju Natura 2000 Slovenska Istra (SI3000212). Končno poročilo. Center za kartografijo favne in flore, Miklavž na Dravskem polju.
- Mathwin, R., Wassens, S., Young, J., Ye, Q. Bradshaw, C.J.A., 2021. Manipulating water for amphibian conservation. *Conservation Biology*, 35, 24–34. <https://doi.org/10.1111/cobi.13501>
- McCarthy, K., Lathrop, R.G., 2011. Stormwater basins of the New Jersey coastal plain: Subsidies or sinks for frogs and toads?. *Urban Ecosyst*, 14, 395–413. <https://doi.org/10.1007/s11252-011-0161-z>
- Pobiljšaj, K., 1998. Dvoživke (Amphibia) Pohorja. Prirodoslovni muzej Slovenije, Ljubljana.
- Pobiljšaj, K., Cipot, M., Govedič, M., Grobelnik, V., Lešnik, A., Skaberne, B., Sopotnik, M., 2011. Vzpostavitev monitoringa hribskega (*Bombina variegata*) in nižinskega urha (*Bombina orientalis*). Končno poročilo. Center za kartografijo favne in flore, Miklavž na Dravskem polju.
- Pobiljšaj, K., Janžekovič, F., Kotarac, M., Rebeušek, F., Šalamun, A., 2001. Inventarizacija in naravovarstveno ovrednotenje območja med Razvanjem in Radvanjem za izbrane živalske skupine: kačji pastirji (Odonata), dnevni metulji (Rhopalocera), dvoživke (Amphibia), ptiči (Aves), mali sesalci (Micromammalia), prostoživeče živali (divjad). Center za kartografijo favne in flore, Miklavž na Dravskem polju.
- Pobiljšaj, K., Lešnik, A., Grobelnik, V., Šalamun, A., Kotarac, M., 2018. Predlog ukrepov za zaščito dvoživk na cestah v upravljanju DRSI. Končno poročilo. Center za kartografijo favne in flore, Miklavž na Dravskem polju.
- Robertson, B.A., Hutto, R.L., 2006. A Framework for Understanding Ecological Traps and an Evaluation of Existing Evidence. Biological Sciences Faculty Publications. University of Montana.
- Sanacija zadrževalnika ob Trikotni jasi (št. 18/95), 1995. Vodnogospodarsko podjetje Drava Ptuj.
- Stanković, D., Lužnik, M., Pobiljšaj, K., 2015. Conservation and declines of amphibians in Slovenia. In: Heatwole, H., Wilkinson, J.W. (ur.) *Amphibian Biology. Status of Conservation and Decline of Amphibians: Eastern Hemisphere: South Europe and Turkey*. Pelagic Publishing.
- Strah, S., Vek, M., Carreira Santos, M., Lah, F., Stanković, D., 2024. Distribution of Po's Tree Frog (*Hyla perrini*) in Slovenia, Preliminary Results. 2nd Life Amphicon International Conference. Book of Abstracts.

- Speybroeck, J., Beukema, W., Bok, B., Voort, V.D.J., 2016. Field Guide to the Amphibians and Reptiles of Britain and Europe. Bloomsbury Publishing, London.
- Temple, H.J., Cox, N.A., 2009. European Red List of Amphibians. Office for Official Publications of the European Communities, Luxembourg.
- Tertinek Ž. 2024. Monitoring pomladanskih selitev dvoživk v Radvanju. Končno poročilo. Društvo študentov naravoslovja, Maribor.
- Tertinek, Ž., Skledar, A. 2022. Monitoring dvoživk na izbranih lokacijah na območju Mestne občine Maribor. Poročilo. Društvo študentov naravoslovja, Maribor.
- Ur. l. RS., 2002. Zakon o vodah. Uradni list RS št. 67/02 z vsemi nadaljnjimi spremembami).
- Ur. l. RS., 2004. Uredba o posebnih varstvenih območjih (Natura 2000). Ur. l. RS, št. 49/2004 in 110/2004.
- Ur. l. RS., 2018. Uredba o spremembah in dopolnitvah Uredbe o posebnih varstvenih območjih (Natura 2000). Ur. l. RS, št. 47/2018.
- Valdez, J.W., Gould, J., Garnham, J.I., 2021. Global assessment of artificial habitat use by amphibian species. Biol. Conserv, 257, 109129. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2021.109129>
- Veenvliet, P., Kus Veenvliet, J., 2008. Dvoživke Slovenije - priročnik za določanje. Symbiosis - Zavod za naravovarstveno raziskovanje in izobraževanje, Grahovo.
- Vogrin, N., 1998. Populacijska ekologija sintopnih populacij navadnega pupka (*Trituris v. vulgaris*), planinskega pupka (*T. a. alpestris*) in alpskega velikega pupka (*T. carnifex*) v mlaki na Arehu (Pohorje). Diplomsko delo. Oddelek za biologijo, Pedagoška fakulteta, Univerza v Mariboru.
- Zamora-Marín, J.M., Ilg, C., Demierre, E., Bonnet, N., Wezel, A., Robin, J., ... Oertli, B., 2021. Contribution of artificial waterbodies to biodiversity: A glass half empty or half full? Science of The Total Environment 753: 141987. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141987>
- ZRSVN, 2021. Naravovarstveni atlas. Zavod Republike Slovenije za varstvo narave.