
LOKNA
Kraški kalni in barjanska okna
Karst ponds and marsh springs



Uvod

Prekogranični projekt „Očuvanje i promocija vodenih biotopa - lokve i barjanska okna za budućnost“ s akronimom LOKNA provodi se od veljače 2015. godine. Vodeći partner je Javna ustanova „Priroda“, dok su ostali partneri Grad Krk, Krajinski park Ljubljansko barje i Geodetski inštitut Slovenije. Cilj projekta je očuvanje i revitalizacija malih vodenih biotopa, prvenstveno krških presušujućih i trajnih lokvi na otoku Krku (Hrvatska) i barjanskih okana u Ljubljanskom barju (Slovenija). U okviru projekta, na hrvatskoj strani, do sad su obavljena prirodoslovna istraživanja živog svijeta na tri lokve u zapadnom dijelu otoka Krka i istražene su sastavnice flore, vretenaca, šišmiša, ptica, vodozemaca i gmazova. Održana je radionica za djecu i na tradicionalan je način očišćena i revitalizirana jedna lokva u predjelu Poljica, koja je nekad ljudima služila za opskrbu pitkom vodom. U planu je također pronaći, popisati i istražiti glavne karakteristike 60-tak zanimljivijih i svojstvima što raznolikijih lokvi otoka Krka. To bi bile samo neke reprezentativne lokve od ukupno tristotinjak za koliko ih se smatra da su se do danas očuvale i zadržale na ovom našem prirodnom baštinom bogatom „Zlatnom otoku“, kako se Krk nerijetko naziva.

Cilj tih napora je uspostava sveobuhvatne online baze podataka kako bi se bar dio saznanja o lokvama sačuvao za budućnost. U okviru projekta napravit će se i poučna staza „Put lokvi“ te tiskati turističko-edukativna izletnička karta.



Istraživanja fizikalno-kemijskih parametara lokvi intenzivirana su tijekom projekta Lokna (Foto: Marko Randić)

Zajednički ciljevi i zadaci slovenskih i hrvatskih partnera na projektu obuhvaćaju:

- geolociranje 70 vodenih biotopa (60 lokvi na otoku Krku i 10 vodenih biotopa na Ljubljanskom barju)
- provedbu prirodoslovnih istraživanja vodenih biotopa
- organizaciju edukativnih radionica i stručnih ekskurzija za osnovnoškolce
- izložbu fotografija o vodenim biotopima
- tisak promotivno-edukativnog materijala
- osmišljavanje i uređivanje dviju poučnih staza koje povezuju vodene biotope
- interaktivni web-portal s pristupom kartografskim prikazima vodenih biotopa
- organizaciju konferencija i medijske promocije projekta i vrijedne prirodne baštine
- senzibilizaciju javnosti o značaju biološke raznolikosti, te
- valorizaciju prirodne baštine.



Kokošica (Rallus aquaticus) (Foto: Marko Matešić)

Krške lokve otoka Krka

Krške lokve na kvarnerskim otocima lokalno su vrijedna slatkovodna i/ili bočata staništa. Procjenjuje se da ukupan broj značajnijih lokvi na kvarnerskim otocima iznosi nekoliko stotina. Kad bismo pokušali „zbrojiti" njihovu ukupnu ulogu u očuvanju bioraznolikosti, primjerice za područje čitavog Kvarnera, onda bi se njihova zbrojena ili „kumulativna" važnost popela barem na regionalnu razinu. Preko njih, naime, živi svijet može na neki način međusobno komunicirati (u konzervacijskoj biologiji lokve bismo mogli okarakterizirati kao „stepping stones" staništa) i povezivati svoje više ili manje izolirane i odijeljene populacije ili pronalaziti hranilišta prilikom selidbi i slično.

Krške lokve, pa tako i one manje, odlikuju se velikom biološkom produktivnošću, neobično bogatom biološkom i krajobraznom raznolikošću, iznimnom sposobnošću pročišćavanja onečišćujućih tvari, složenim biogeokemijskim ciklusima i isprepletnim kruženjima tvari... Ima ih više tipova, od onih presušujućih, koje drže vodu svega nekoliko tjedana ili mjeseci u godini, do stalnih, koje mogu biti manjih ili većih dimenzija, nadalje, mogu biti prirodne ili su antropogenog postanka, slatkovodne su ili zaslanjene (bočate), namijenjene kao pričuva vode za piće ljudima ili životinjama.



Lokva Ormatine (Foto: Senka Baškiera)

Razmjerno bogatstvo i strukturiranost vodenog biljnog svijeta, koji pokazuje zoniranost s obzirom na dubinu vode, a vjerojatno i na zasjenjenost, zaslanjenost te na udaljenost od obale, podržava raznolik svijet životinja. U prvom redu mogu se izdvojiti vodozemci, a najbrojnija je jedna vrsta zelene žabe (*Pelophylax* sp.), koja se u vrijeme razmnožavanja bučno glasa. Svijet vodenih kukaca također je raznolik: posebno su uočljivi vodeni kornjaši koji plivaju u stupcu vode između stabljika i lišća vodenog bilja. Okolicu lokvi oživljuju dnevni i noćni „letači" - brojna vretenca, ptice i šišmiši.

Povijest lokvi otoka Krka

Lokve, prema definiciji, ubrajamo u male močvare. Obuhvaćaju različite tipove, prirodne ili antropogene, te se odlikuju stalnim ili povremenim stagniranjem oborinskih voda, a ponekad i dotokom izvorske vode. Njihov nastanak na otoku Krku vezan je uz evoluciju reljefa i djelovanje čovjeka kroz povijest.

U slučaju krških lokvi otoka Krka, za njihov je nastanak u većini slučajeva ipak „zaslužan" čovjek, i to svojim intervencijama u krajobrazu. Rudimentaran način gradnje



Zelena žaba (Pelophylax sp.*) (Foto: Patrik Krstinić)*

lokvi antropogenog postanka možemo pratiti već od brončanog doba. Tada su upoznati načini prerade mlijeka u sir, pa se povećao i broj stoke, a vjerojatno je bila intenzivnija i deforestacija (proces krčenja šuma, obešumljivanja) krajobraza na račun pašnjaka za stoku. S gubitkom nekadašnjih bujnih šuma otoka, za pretpostaviti je da se smanjila i izdašnost izvorišta - prirodnih napajališta za stoku, pa je izgradnja i održavanje umjetnih vodenih tijela bila od presudne važnosti.



Lokva Kolitovica okružena je suhozidom (Foto: Patrik Krstinić)

Lokva bi se izgradila u kakvoj krškoj vrtači (ponikvi) ili udubljenju terena, dno bi se prekrilo slojem nepropusne gline i dobro nabilo. Ukoliko je lokvu koristila i krupna stoka, to je utoliko bilo povoljnije za njeno održavanje, jer bi životinje papcima stalno utiskivale i popravljale nepropusni sloj gline. Lokve čija je namjena bila isključivo za ljudsko korištenje često su bile ograđivane suhozidima i uskim ulazom, tzv. „stubom", „kadi more proć čovik, ali ne more ovca", na način da se onemogući pristup stoci. Za prava na vodu u prošlosti su vođene mnoge bitke. U antičkom razdoblju, posebnu ulogu u raspodjeli vodnih resursa preuzeli su Rimljani. Poznato je da iz njihova vremena datiraju propisi o pravima na pristup vodi, pa su vjerojatno naznake razdjeljivanja vode u lokvama (ali i izvorištima) za zasebna pasišta bile njihova zasluga. Još i danas postoje slučajevi kada u istu lokvu ulazi 3 ili 4, ponekad i više suhozida, koji imaju ulogu usmjeravanja stada s pojedinih pasišta na pojilo. Na taj način, vodnim blagom lokvi zajednički se gospodarilo, a voda je bila zajednička blagodat i vlasništvo prema kojemu se trebalo racionalno odnositi. Kod gradina Veli Kaslir i Kaslirić iznad Punta primjeri su takvih lokvi gdje 3 ili 4 suhozida ulaze u jednu lokvu. I u predjelu Petilokva nalazi se bunar, navodno još iz rimskog razdoblja. Ne zna se njegova dubina, ali je otkriveno da se nakon dijela stepenica koje su izgrađene u kamenu, u dubinu nastavljaju hrastove stepenice koje su obično prekrivene vodom, što onemogućava truljenje drva.



„Stuba" u suhozidu oko lokve Živa omogućava prolaz ljudima, a zadržava stoku (Foto: Patrik Krstinić)



Lokve su važne kao pojilišta za ovce - poluotok Sulinj (Foto: Marko Randić)

U doba kasne antike i u bizantskom razdoblju u vodoopskrbne svrhe koristile su se i nakapne vode s krovova zgrada koje su sakupljane u cisterne. Zdenci su se gradili od klesanog kamenja na „vodnoj žili", pa je to bila „živa voda". Neki od njih, primjerice Zdenac na Kandiji, imaju karakterističan pužasti oblik. Naziv ukazuje da bi se vrijeme njegove izgradnje ili temeljite obnove moglo protezati (najkasnije) u vrijeme (iza) kandijskih ratova.

Prirodne osobitosti krških lokvi

Neki od glavnih tipova plitkih vodnih tijela malih močvara otoka Krka obuhvaćaju, primjerice, plitka jezera i hidroakumulacije, slane i bočate (brakične) lokve i priobalne močvare, antropogene i prirodne lokve raznih oblika, veličina i dubina, presušujuće (povremene) lokve, betonirane lokve, lokve-izvore, lokve uz izvore, zdence, kamenice i druga mala vodena i močvarna tijela.

Od prvih razdoblja kad se čovjek ozbiljnije umiješao u prirodne procese i počeo sebi



Bočata prirodna lokva na Sulinju zarasla je sitom (Juncus maritimus) (Foto: Patrik Krstinić)

prilagođavati krajobraz i mijenjati vodni režim malih močvara nastale su, ali su i nestale brojne lokve otoka Krka. U novije vrijeme male močvare i lokve isušivane su zbog zdravstvenih razloga - primjerice u borbi protiv malarije, ali i zbog drugih razloga urbanizacije te „civilizacijskog napretka".

Iščeznućem lokvi i malih močvara nestaje i čitav jedan osebujan svijet, a s njim iščezavaju brojni predstavnici biljaka i životinja močvarnih i vodenih staništa o kojima su tek možda, u najboljem slučaju, preostala svjedočanstva u prašnjavim prirodoslovnim knjigama i časopisima u obliku oskudnih zapisa prirodoslovaca. Još je češći slučaj da takvi podaci nikada nisu niti bili prikupljeni. Neke od malih močvara koje su se možda i uspjele održati do današnjih dana nažalost bivaju meta ubacivanja najrazličitijeg otpada, čak i otrovnog, čime njihov živi svijet također biva trajno ugrožen ili uništen, a biološka funkcija lokve umanjena ili onemogućena.

Jedan od ciljeva projekta LOKNA je da se ta mala vodena tijela barem evidentiraju, opišu i spase od zaborava. Mnoge lokve u priobalju i na otocima nastale su zahvaljujući radu ljudi i služile su kao mala vodena tijela za opskrbu vodom. Stoga takva vodena tijela zahtijevaju stalnu brigu i skrb oko održavanja. Kako održavanje u današnje vrijeme u mnogim slučajevima izostaje, lokve zarastaju u vegetaciju i u njima se taloži sve više mulja, pa one u procesu zarastanja (brže ili polakše) nestaju.



U današnje vrijeme lokve mogu biti privlačne turistima - „fotosafari" uz lokvu na Hlamu iznad Baške (Foto: Marko Randić)

Životni ciklus krške lokve - taloženje sedimenta

Kad promatramo životni ciklus neke krške lokve, mogu nam biti vrlo zanimljivi procesi nastanka i taloženja muljevitog sedimenta na njihovom dnu. Nakupljanje mulja na dnu često dovodi do potpunog zamuljivanja lokve i njezinog nestanka, odnosno do pretvaranja vodene u kopnenu površinu.

Takve lokve u kojima se (prekomjerno) taloži sediment, na kraju svog životnog ciklusa najčešće prvo potpuno zarastu močvarnom vegetacijom, potom na tom mjestu izraste travnjak, a s vremenom se na površini, ako se ne provodi košnja ili paša, razvije i šuma. Proces obično traje desetljećima i stoljećima, a stručnom terminologijom nazivamo ga zarastanje ili sukcesija.

Takav bi slučaj sukcesije, vjerojatno, kroz nekoliko desetljeća ili više, zadesio i lokvu Živu kod Poljica da se nije ponovo umiješao čovjek te je lokva, ovaj put u sklopu projekta LOKNA, temeljito očišćena od nataloženog mulja. To je posebno važno za lokvu koja je nekada u vrijeme suše imala presudnu ulogu opskrbljivanja okolnog stanovništva pitkom vodom. Zbog toga je čišćenje mulja s dna lokvi bila redovita tradicionalna djelatnost lokalnog stanovništva, važna za održavanje lokve u funkcionalnom stanju i usporavanje sukcesije. Čišćenje se provodilo periodički, obično svakih nekoliko godina. Prema predaji, lokva Živa temeljito je očišćena od mulja pred nekih šezdesetak godina, a kasnijih godina bi se vjerojatno samo rijetko, tu i tamo, izvadilo ponešto mulja. Na kraju je i takva praksa, s promjenama u načinu života na selu, sasvim utrnula. Ako uzmemo u obzir činjenicu da je pri najnovijem čišćenju lokve iz nje izvađeno čak 20 kubičnih metara mulja, možemo dobiti određenu predodžbu o brzini zamuljivanja i procesu nestanka male krške lokve. Danas su mnoge krške lokve otoka Krka obzidane betonom. Na taj način lokve se lakše održavaju i proces zamuljivanja stalno se drži pod kontrolom. Međutim, to ima i svojih nedostataka. Beton naime sprečava nesmetani kontakt vodenog i močvarnog bilja, kao i brojnih životinja koje ruju u mulju, sa svojim prirodnim supstratom, a bez te tijesne veze i uzajamnih prilagodbi koje su nastajale tisućljećima, naslijeđene vrijednosti biološke raznolikosti teško se mogu održati u, ljudskom rukom oblikovanim, novim uvjetima staništa.



Vodeni račići su „zaduženi" za uklanjanje lišća iz sedimenta lokve (Foto:Marko Matešić)



Muljeviti sediment u zaslanjenoj lokvi stanište je rijetkih i ugroženih biljaka - solnjača (Salicornia sp.) (Foto: Marko Randić)



Lokve je danas lakše održavati ako su obzidane betonom, međutim na taj se način gubi dio bioraznolikosti povezan s tradicionalno utisnutom glinom i muljem na dnu. (Foto: Marko Randić)



Dvojna lokva Ormatine kod Poljica
(Foto: Sunčica Strišković)



Kriške lokve otoka Krka

Lokve - ovalne, kružne i prstenaste strukture u krajobrazu

Lokve su nerijetko estetski neobično lijepi elementi krajobraza. Njihova pravilna kružna struktura privlači našu pažnju. Učestala pravilnost oblika još je jače naglašena činjenicom da je i unutar same lokve vegetacija obično pravilno prstenasto ili koncentrično raspoređena. Budući da tijekom godine dolazi do kolebanja razine vode, u lokvi se oblikuju prstenasti odsječci obalnog pojasa koji su tijekom dužih ili kraćih perioda u godini izloženi periodičnom isušivanju i navlaživanju ili preplavljivanju vodom. Takvim različitim ekološkim uvjetima prilagođene su raznolike biljne vrste, a također se i s obzirom na dubinu stalne vode u lokvi oblikuju pojasevi u kojima buja određeno močvarno i vodeno bilje. U središnjim dijelovima lokvi obično uspijeva isključivo vodeno bilje, a taj je dio lokve često bez vegetacije, pa se u lokvi također oblikuje neka vrsta kruga, a oko njega još i koncentrični pojasevi močvarne vegetacije.



„Fotosafari" na lokvi Diviška (Foto: Marko Randić)

Jedan od lijepih primjera prstenastog rasporeda, iako ne idealno pravilno raspoređenog vodenog i močvarnog bilja, možemo promotriti na lokvi Menkovoj kod Poljica.

Budući da se radi o lokvi koja je trajna, u njenom središtu uglavnom nema bilja na površini vode, a prema obali slijedi pojas plutajuće vodene vegetacije koju čine plivajući mrijesnjak i vodene leće, uz bujnu uronjenu vodenu vegetaciju. Na taj dio nadovezuje se vrlo izraženi prsten močvarne vegetacije u kojemu se najviše ističu gusto poredane stabljike močvarnog sitka ili jezernice (*Eleocharis palustris*), a između njega i kopna još su dva izražena prstenasta pojasa - prvi je gotovo lišen vegetacije uz izuzetak nekoliko vrlo otpornih biljaka koje su prilagođene stalnim izmjenama preplavljenih i kopnenih uvjeta (ističe se jedna vrsta štitarke), a u drugom, koji je opsegom širi, buja gusti tepih trave rosulje (*Agrostis* sp.) intenzivno zelene boje.

Kružne i prstenaste strukture lokvi još više dolaze do izražaja i dobivaju na neobičnosti u slučajevima kad su lokve ograđene kružnim suhozidima, a na dramatičnosti dobivaju i kad je u lokvi stjecište suhozida različitih pasišta.

Lijep primjer je lokva Diviška iznad Baške, smještena na kamenitom platou u blizini litica sjeveroistočne obale otoka Krka, na samoj granici zaštićenog ornitološkog rezervata. U njoj se sijeku suhozidi pet pasišta i omogućuju odijeljeni pristup ovcama pitkoj vodi.

Stjecište suhozida u Diviški (Foto: Marko Randić)





Uz lokve često nalazimo orhideje - zasukica (Spiranthes spiralis) kod lokve Ormatina (Foto: Patrik Krstinić)



U suhozidom obzidanom prostoru uz lokvu Živa raste nekoliko vrsta orhideja - grimizni kaćun (Orchis purpurea) (Foto: Marko Randić)

Biljni svijet lokvi i malih močvara

Za vode stajaćice - lokve i male močvare, biološki važne sastavnice jesu njihova osebujna flora i vegetacija. Bez vode i vlažne podloge, taj posebno prilagođeni svijet ne bi mogao preživjeti, a važno je i da voda u močvarama nije onečišćena raznim štetnim i otrovnim ljudskim otpacima. U takvim, očuvanim staništima bujaju naime vodeni makrofiti (vodene biljke) i helofiti (močvarne biljke). Vodeni makrofiti zastupljeni su u krčkim vodenim tijelima, primjerice lokvama, jezercima i plićim jezerima osobito nitastim modrozelenim bakterijama, nitastim zelenim algama, makrofitskim algama parožinama, mahovinama, papratnjačama i sjemenjačama. Najopsežnija i najraznolikija skupina vodenih makrofita jesu biljke sjemenjače. U našim krajevima u zajednicama vodenih makrofita najzastupljeniji su mrijesnjaci (*Potamogeton*), krocanji (*Ceratophyllum*), lokvanji (*Nuphar luteum*) i brojne druge vodene biljke.

Osim vodenim makrofitima, obale krčkih lokvi ukrašene i brojnim močvarnim biljem koje nije toliko uronjeno u vodu, ali je ovisno o vlažnim tlima koja prate vodena tijela. U skupinu močvarnog bilja ubrajamo mnoge vrste trava, šaševa, štitarki, močvarne metvice i brojne druge vrste. Zapravo se močvarno bilje odlikuje neobično velikom raznolikošću oblika i raznolikim životnim strategijama - od vrlo uspješnih trava (*Poaceae*) s laganim, a savitljivim šupljim i koljeničastim stabljikama koje se lagano povijaju na vjetru te brojnim prašnicima u metličastim cvatovima kojima strujanja zraka olakšavaju otpuštanje peluda, do šaševa (*Carex*) s oporim listovima oštrih i pilastih rubova (na koje se možemo čak i porezati); štitarki (*Apiaceae*) sa složenom arhitekturom cvatova - štitcima sitnih cvjetića koji u skupini djeluju kao veliki cvijet; mirišljivih usnača (*Lamiaceae*) pre-



Vodeni žabnjak - cvjetovi vire iznad površine vode, listovi plutaju ili su uronjeni u vodi i različitog su oblika (Foto: Patrik Krstinić)

Krške lokve otoka Krka



Ljeti u zaslanjenoj lokvi na poluotoku Čuf između naselja sitina (Juncus sp.) iscvjetavaju polja soli (Foto: Marko Randić)

punih žlijezda s eteričnim uljima (lijep primjer je močvarna metvica!), sitova (*Juncus*) kojima je lišće ponekad na vrhu bodljasto, te drugog bilja kojemu je korijenje ukopano u mulj i vlažno tlo na obalama lokvi i jezera.

Životinjski svijet lokvi

Zahvaljujući raznolikoj vegetaciji vodenih i močvarnih biljaka, u lokvama se razvija bogat svijet životinja, pa primjerice možemo pronaći ličinke vretenaca, vodene stjenice, kornjaše, ribice gambuzije, punoglavce i druge brojne vodene životinje. Uz lokve i oko lokvi bogato su strukturirana staništa raznih kukaca, vodozemaca, gmazova, ptica i šišmiša.

Kukci u lokvama

Zbog velike brojnosti i važnosti u mijeni tvari, kukci su jedna od najznačajnijih karika u ekosustavu lokvi. Po izlasku iz jajašaca, ličinke kukaca moraju prijeći dugačak put na kojem se preobražavaju u odrasle jedinke. Slatkovodni kukci pokazuju ogroman raspon oblika, kako ličinačkih, tako i potpuno razvijenih odraslih jedinki. Kod pojedinih vrsta samo je dio životnog ciklusa neposredno vezan uz vodu, dok neke vrste cijeli svoj život provode u vodi. Primjerice, vretenca i tulari svoj ličinački život provode u vodi, dok odrasle jedinke najveći dio vremena provode u letu. Zbog toga su razvili različite organe, pa tako ličinke ovih kukaca imaju razvijene škrge i beskrilne su, a odrasle jedinke imaju krila i dišu posebnim cjevastim organima - uzdušnicama. S druge strane, kornjaši koji žive u lokvama cijeli svoj životni ciklus provode u vodi. Odrasli vodeni kornjaši razvili su zanimljiv način disanja. Primjerice, pripadnici roda *Dytiscus* pronađeni u većini lokava na otoku Krku zatkom izrone na površinu vode, te ispod tvrdog pokrilja „spreme" mjehurić zraka uz pomoć kojeg dišu tijekom zarona. Kopneni i vodeni oblici pojedinih vrsta pronađenih u krčkim lokvama razlikuju se i prema načinu hranjenja, pa se primjerice ličinke tulara roda *Limnephilus* hrane raspadajućim ostacima biljaka, dok odrasle krilate jedinke imaju razvijene organe za lizanje biljnog soka. Ličinke tulara život provode u kućicama koje grade povezujući sitne komadiće drva ili kamenčića uz pomoć izlučevina predljivih žlijezda. Zarastanjem lokvi i njihovom sukcesijom u kopnena staništa nepovratno se gube staništa neophodna za razvoj vodenih kukaca, a samim time osiromašuje se ukupna bioraznolikost otoka Krka. Pripadnici faune vretenaca (Odonata), koji su tipična „amfibijska" skupina kukaca -



Plosnato vretence (Libellula depressa)
(Foto: Patrik Krstinić)

ličinke im naime žive u vodi, grabežljivim načinom života, a odrasli lete zrakom, vješto manevriraju i lebde iznad voda u lovu na sitnije leteće kukce - važni su i kao indikatori stanja ugroženosti voda, osobito u malim vodenim tijelima. Još jedna skupina kukaca, za koje možda i ne očekujemo da su stanovnici lokvi, tj. amfibijski vodeni organizmi, jesu leptiri. Uz jednu lokvu u predjelu Poljica u zapadnom dijelu otoka Krka pronašli smo vrlo atraktivnog „lopočevog močvarnog moljca" (*Elophila nympheata*). Ovi noćni leptiri zanimljivi su po tome što njihove gusjenice provode život u vodama stajaćicama, dišu strukturama nalik na škrge i hrane se vodenim biljem. Lopočev močvarni moljac jedan je od ukupno 11 vodenih leptira do sad poznatih u Europi, koji su uglavnom svi ugroženi i zahtijevaju zaštitu.



Kukci često koriste fenomen površinske napetosti za „hodanje" po vodi (Foto: Patrik Krstinić)



Zaleđena površina vode na lokvi u predjelu Misučajnica (Foto: Marko Randić)

Vretence žućkasti strijelac (Sympetrum fonscolombii) (Foto: Tomislav Bogdanović)



Leptirić „lopočev močvarni moljac" na listu mrijesnjaka (Foto: Patrik Krstinić)

Vodozemci i gmazovi u lokvama i uz lokve

Vodozemci su također indikatori okolišnog onečišćenja - budući da im je koža vrlo propusna te kroz nju dišu i uzimaju vodu, vrlo su podložni utjecaju raznih zagađivača.

Također, ovisno o fazama razvoja, koriste i kopnena i vodena staništa te su pod utjecajem zagađivača u oba tipa staništa. Na taj način mogu nas upozoriti na opasne uvjete u okolišu koji mogu rezultirati ozbiljnim zdravstvenim posljedicama za ljude. U krčkim lokvama pronađene su dvije skupine vodozemaca: vodenjaci i žabe.

Najveća morfološka razlika između ove dvije skupine je u tome što vodenjaci imaju rep tijekom cijelog života, dok žabe odbacuju rep pred kraj preobrazbe iz punoglavca. Mali vodenjak (*Lissotriton vulgaris*) jedina je vrsta vodenjaka koja nastanjuje otok Krk. Premda zimski period provode u hibernaciji na kopnu, mali vodenjaci na Krku nerijetko zimu provode u lokvama. Najveću prijetnju krčkoj populaciji malih vodenjaka predstavlja gambuzija, invazivna vrsta ribe unesena u lokve radi kontrole populacije komaraca. Gambuzije su predatori koji se hrane jajima i ličinkama malih vodenjaka, ali i drugim sitnim organizmima iz lokvi, čime konkuriraju za hranu odraslim vodenjacima. Tijekom inventarizacije lokvi na Krku zamijećeno je da mali vodenjaci nastanjuju isključivo lokve u kojima nisu prisutne gambuzije.



Crna poljarica (Foto: Senka Baškiera)

Zbog bogatog živog svijeta i strukturiranosti staništa, uz lokve se često zadržavaju gmazovi. Tijekom istraživanja herpetofaune na projektu LOKNA u lokvama i uz lokve zapadnog dijela otoka Krka pronađeni su primorska gušterica (*Podarcis siculus*), bjelouška (*Natrix natrix*), crna poljarica (*Hierophis carbonarius*) i žutouha kornjača (*Trchemys scripta*).

Posebno je zanimljiv pronalazak zmije crne poljarice, koja je strogo zaštićena i navedena je kao značajna za zaštitu u direktivama o zaštiti prirodnih staništa i divljih biljnih i životinjskih vrsta Europske unije.

Ptice uz lokve

Do sad su ornitološka istraživanja na otoku Krku bila usmjerena uglavnom na ornitološke rezervate ili pticama vrlo bogata vodena i močvarna područja Jezera kod Njivica, te djelomično i na hidroakumulaciju Ponikve.

U okviru ovog projekta prvi put je zapo-

četo ornitološko istraživanje malih lokvi kao posebnih staništa ovog pticama neobično raznolikog i zanimljivog otoka. Ornitološkim istraživanjima na izabranim lokvama u okviru ovog projekta pronađeno je 50 vrsta ptica.

Neke od njih vrlo su zanimljive, poput predivno obojenog vodomara (*Alcedo atthis*) koji ih posjećuje uglavnom u hladnijem dijelu godine, vodene kokošice (Rallus aquaticus) koja se, obično u paru, zadržava uz svaku veću lokvu otoka Krka, rijetke male bijele čaplje (*Egretta garzetta*), sive čaplje (*Ardea cinerea*) i drugih.

Neke vrste pjevica redovito se zadržavaju uz lokve. Tijekom rada na projektu, u hladnijem dijelu godine opazili smo da gotovo svaka lokva ima „svog" crvendaća (*Erithacus rubecula*), ali i da na lokve redovito dolijeću male ptice pjevice na pojilo. Tamo ih ponekad dočekuje „grabežljivi" kobac (*Accipiter nisus*).

Zimi svaka lokva ima „svog" crvendaća (Foto: Patrik Krstinić)

Krške lokve otoka Krka



Šišmiši koriste lokve kao bogata staništa za lov noćnih kukaca (Foto: Patrik Krstinić)

Šišmiši uz lokve

Šišmiši (red *Chiroptera*) koriste raznolikost i bogatstvo kukaca koji nadlijeću lokve u sumrak i noću. Neki od šišmiša čak su se i specijalizirali za lov iznad, na površini ili uokolo površine vodenih tijela.

Tijekom istraživanja provedenih u sklopu projekta LOKNA utvrđena je dotad nezabilježena vrsta šišmiša za otok Krk - kasni noćnjak (*Eptesicus serotinus*). Osim kasnog noćnjaka, uz lokve su još zabilježeni i veliki potkovnjak (*Rhinolophus ferrumequinum*), bjelorubi šišmiš (*Pipistrellus khulii*) i mali večernjak (*Nyctalus leisleri*).

Sve četiri vrste potvrđene su ulovom u lovne mreže, a dodatno je utvrđeno još najmanje šest vrsta odnosno skupina šišmiša kojima je glasanje snimljeno eholokacijom, pa je na taj način ukazano na njihovu nazočnost oko istraživanih lokvi.

Ugroženost i zaštita lokvi

Lokve su sve do nedavnih dana imale veliku važnost za stanovnike kvarnerskih otoka, a u nekim predjelima, gdje se stočarstvo uspjelo zadržati, imaju je još i danas.

One su u bezvodnom krškom kraju značile život sve dok nije uvedena tekuća voda i dok se nije prešlo na nove, lakše oblike privređivanja. Te su promjene uvjetovale smanjenje, a ponekad i potpuno utrnuće pojedinih tradicijskih aktivnosti i baštinjenih znanja vezanih uz lokve. Međutim, u poje-



Lokva na Sulinju pojilište je za krupnu i sitnu stoku (Foto: Marko Randić)

dinim predjelima, osobito u južnom dijelu otoka Krka u kojima se i dalje njeguje tradicijsko ovčarstvo, lokve još uvijek imaju svoju prvotnu funkciju napajanja stoke.

U drugim dijelovima otoka, koji su se više okrenuli turizmu ili se nalaze u blizini naselja, lokve su često bivale zatrpane ili su onečišćene, ili su pak nestale prilikom urbanizacije i izgradnje. S druge strane, lokve koje su se mogle iskoristiti za natapanje vrtova ili kao moguća pričuva vode za neke

druge svrhe ponekad su svoju izvornu funkciju i zadržale.

Čak i one lokve koje nisu zatrpane, a nalaze se u predjelima gdje se više ne osjeća potreba za napajanjem stoke, nerijetko su zanemarivane i propale. U njima se prestao čistiti nataloženi mulj i uklanjati nabujala vegetacija pa su se procesima zarastanja postupno pretvorile u čvrsto tlo. Takvih primjera na otoku Krku ima veći broj. Osim toga, nekima od lokvi propustilo je glineno dno i nije više obnavljano pa se voda iz njih ispraznila.



Lokva ispod Velog vrha (Foto: Patrik Krstinić)

Na živi svijet lokvi često su djelovali ljudi. Još početkom dvadesetog stoljeća lokve su bile rezervoari malaričnih komaraca i izvori zaraza. Malarija je harala pojedinim krajevima otoka, a stručnjaci za suzbijanje malarije počeli su koristiti ribice gambuzije kao vrlo efikasnu biološku metodu za borbu protiv komaraca.

Početkom dvadesetog stoljeća na otoku Krku u tim je naporima prednjačio dr. Oto Trausmiler. U novije vrijeme, vođen saznanjima pionira biološke borbe protiv komaraca (dr. Majnarića i dr. Trausmilera), metodu unošenja gambuzije u mala vodena tijela koja su legla komaraca sustavno je primjenjivao Josip Kenk, sanitarni stručnjak.

Osim što je time potvrđena učinkovitost biološke metode u borbi protiv komaraca uz znatno smanjenje korištenja kemijskih sredstava potrebnih za suzbijanje ličinki komaraca, vrijednost njegova rada je i u tome što je



Crvenouha kornjača - nepoželjan uljez u lokvama (Foto: Patrik Krstinić)

prvi sustavno bilježio sve lokacije i podatke o lokvama i drugim malim vodenim tijelima kvarnerskih otoka u koje je unio gambuzije (tip lokve, točna lokacija, fotodokumentacija, skica lokve, je li vodeno tijelo trajno ili povremeno i drugo), a za neke lokve prikupio je i prve značajnije podatke o živom svijetu.

S jačanjem svijesti o potrebi očuvanja biološke raznolikosti postali smo osviješteniji i da je očuvanje odnosno održavanje lokvi



Lokva Čečerna na vrbničkom području (Foto: Marko Randić)



Kamene stepenice vode do vode u lokvi Živa - situacija nakon čišćenja i revitalizacije (Foto: Patrik Krstinić)



Radionica za djecu osnovne škole Vrh na lokvi Menkova (Foto: Ivana Rogić)

ključno, ali i da naseljavanje alohtonih organizama, poput agresivne i invazivne gambuzije, ili, u novije vrijeme, crvenouhe i žutouhe kornjače, može imati negativne učinke na bogatstvo i raznolikost autohtonog otočnog živog svijeta. Uz to, sve veće i značajnije lokve, a njih je za otok Krk u Prostornom planu Primorsko-goranske županije ucrtano čak 317, predviđene su za zaštitu kao vrijedna prirodna područja.

Uvjereni smo da će i rezultati projekta LOKNA doprinijeti naporima na očuvanju i zaštiti krških lokvi otoka Krka. Naša je obveza do to prirodno i kulturno blago očuvamo za budućnost.

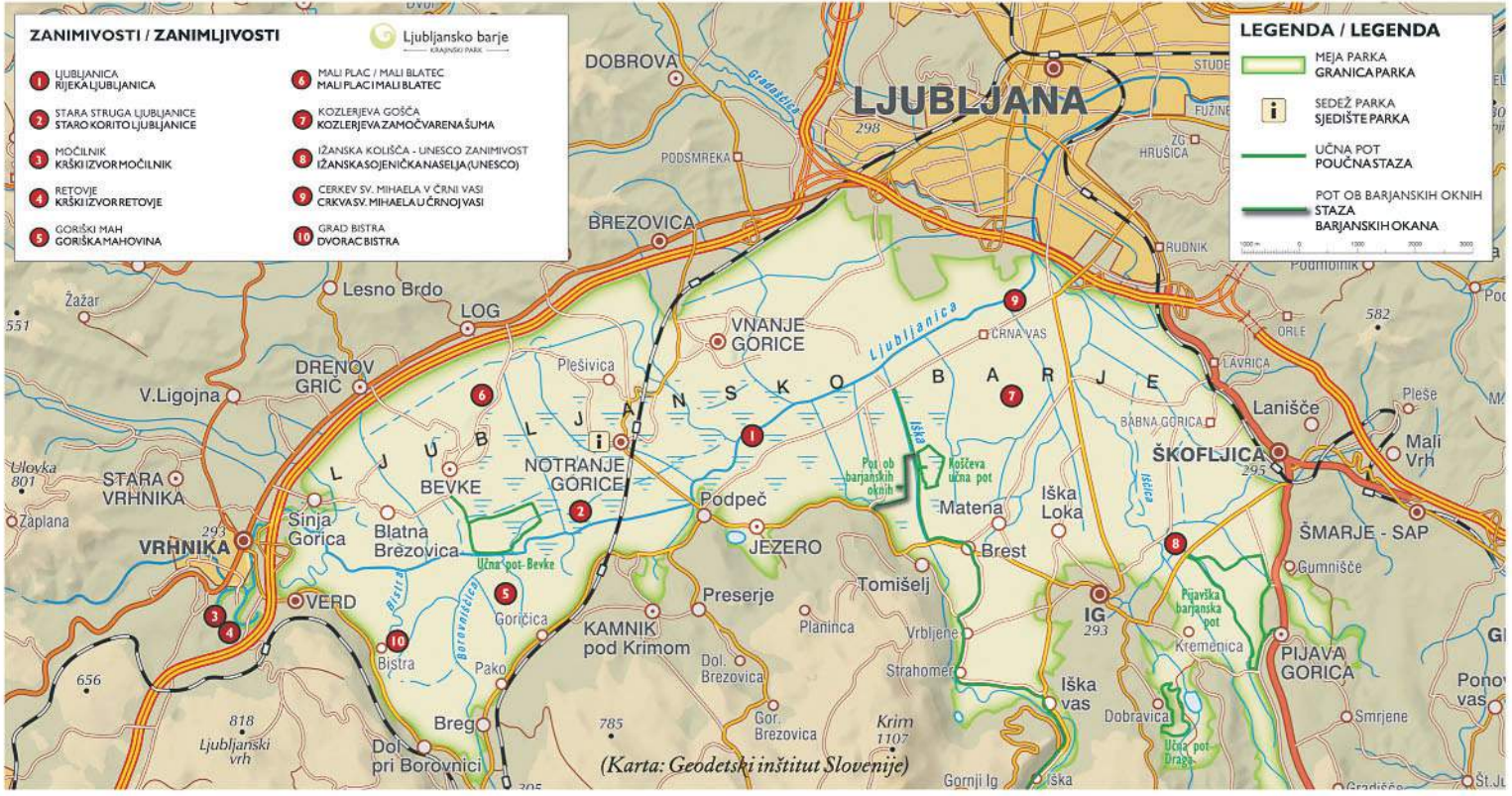
Na kraju, evo i jednog malog primjera koji nas je tijekom projekta poučio u kojem smjeru bi se naši napori trebali nastaviti. Prilikom čišćenja lokve Živa od nataloženog mulja naučili smo da je potrebno poštovati tradicijska znanja o tom postupku - nužno je čistiti i pritom paziti da se ne probije nepropusni sloj gline. Nažalost, u današnje vrijeme specifična tradicijska znanja o lokvama sve brže padaju u zaborav jer je ljudi koji ih posjeduju sve manje. Prekogranični projekt LOKNA možda je prigoda da se spase neka od tih znanja, kao i da se sačuva dio materijalne kulturne tradicije neposredno na terenu.

Lokve imaju velik edukacijski potencijal, školska djeca mogu na njima dobiti prva znanja o životu u vodi.



Barjanski mozaik (Foto: Branko Čeak)

Barjanska okna



(Karta: Geodetski inštitut Slovenije)

Ljubljansko barje

Ljubljansko barje nalazi se u središnjoj Sloveniji, u najjužnijem dijelu Ljubljanske kotline, i predstavlja najveću slovensku močvaru. Voda se u Barju najvećim dijelom zadržava u tlu, no tijekom jačih jesenskih i proljetnih kiša, poplavne vode preplavljuju livade i njive, a ponekad i cijela naselja. Kako bi si olakšao život na poplavnoj ravnici, čovjek je močvarno područje stalno mijenjao. Temeljitiji zahvati započeli su u doba vladavine Marije Terezije, koja je 1769. godine izdala dekret o melioraciji i naseljavanju Ljubljanskog barja. Nakon izgradnje Gruberovog kanala u Ljubljani, Barje se toliko osušilo da je bilo moguće izraditi Ižansku cestu te se godine 1830. započelo s naseljavanjem središnjeg dijela Ljubljanskog barja. Na dubokim, mekim i mokrim tlima bilo je potrebno graditi na pilotima. Poljodjelstvo na močvarnim ravnicama također nije bilo jednostavno. Kako bi poplavne vode čim prije otekle, seljaci su na svakoj livadi, njivi i poljskom putu iskopali jarak za isušivanje.



Obična kockavica (Fritillaria meleagris)
(Foto: Barbara Zupanc)

Barjani su primijetili da gornji sloj močvarnih tala, treset, dobro gori. Isprva su ga iskopavali i sušili za ogrjev svojih kuća, a sredinom 19. stoljeća počelo se s iskopavanjem u većim količinama. Tako je poljoprivredu na Barju uskoro zamijenilo kopanje treseta koji se sušio i prodavao u Ljubljani i okolici kao gorivo. Do kraja 19. stoljeća iskopan je veći dio tresetne podloge u močvarnim tlima. Tako se barjansko dno snizilo te se voda vratila na Ljubljansko barje kao podsmijeh stoljetnim nastojanjima da se to područje isuši. Neki Barjani su se iselili, drugi su potražili zaposlenje u Ljubljani, a treći su se vratili poljoprivredi. Veći dio močvarne ravnice seljaci su pretvorili u livade, a na njivama su uzgajali za vlastite potrebe. Između parcela sadili su johe koje su sušile zemlju i štitile je od jakih vjetrova. Na taj su način stvorili mozaik livada, njiva i šuma isprepleten međama johe, te gustu vodnu mrežu. Košnjom močvarnih livada, seljaci su spriječili zarastanje površina šumama i omogućili naseljavanje izuzetno raznolikog livadnog biljnog i životinjskog svijeta.

Dolaskom intenzivne poljoprivrede i urbanizacije, čovjek sve više osiromašuje raznolik močvarni mozaik i ugrožava izvor pitke vode i kakvoću tala. Sa željom očuvanja prirode i Ljubljanskog barja, godine 2008. ovo je područje zaštićeno kao Krajinski park Ljubljansko barje.

Većina zaštitnih mjera u parku usmjerena je na močvarne livade budući da njih karakterizira najveća biološka raznolikost.



Velika bijela čaplja (Ardea alba) (Foto: Davorin Tome)

Barjanska okna

Na njima pronalazimo pregršt biljnih vrsta koje su na mnogim mjestima prije svega radi isušivanja već izumrle: običnu kockavicu (*Fritillaria meleagris*), suhoperke (*Eriophorum* sp.), livadne orhideje... Šarolikost boja na livadama nadopunjuju cvrčanje kukaca i pjev ptica. Iako močvarna ravnica zauzima samo jedan posto površine Slovenije, na njoj se gnijezdi čak **polovica svih slovenskih vrsta ptica**, a dosta ih na Ljubljanskom barju i prezimljava ili se ovdje odmara tijekom selidbe. Na livadama, u međama i niskom raslinju brzo ćemo opaziti ili čuti najznačajnije močvarne vrste ptica. Kosac (*Crex crex*), veliki pozvizdač (*Numenius arquata*), prepelica (*Coturnix coturnix*), ćuk (*Otus scops*), smeđoglavi batić (*Saxicola rubetra*), pjegavi cvrčić (*Locustella naevia*) i eja strnjarica (*Circus cyaneus*) nalaze se na popisu najugroženijih vrsta na europskoj i svjetskoj razini, ali na Ljubljanskom barju još uvijek ih možemo susresti. Barjanska ravnica također je dom d**vostruko većem broju leptira nego što ih se može pronaći na cijelom britanskom otočju**, ukupno gotovo 90 vrsta. Ovdje



Gatalinka (Hyla arborea) (Foto: Davorin Tome)

možemo pronaći posljednje brojčano dobro zastupljene populacije tamnog debeloglavca (*Carcharodus flocciferus*), a pojavljuje se i močvarni okaš (*Coenonympha oedippus*).

Izuzetno važan životni prostor na Barju također je razgranata mreža odvodnih kanala i jaraka. Ona je dom životinjskim vrstama koje barem dio svog života provode u vodi ili pokraj nje: vodozemcima, pticama vodaricama i vretencima. Na Ljubljanskom barju zabilježeno je **oko 50 vrsta vretenaca**, što je više od pola svih vrsta u Sloveniji. Uz jarke i kanale možemo pronaći i brojne ugrožene vrste, kao što su istočna vodendjevojčica (*Coenagrion ornatum*), crni regoč (*Gomphus vulgatissimus*) i vilin dorat (*Libellula fulva*). U proljetnim noćima ovuda odjekuje kreket običnih gatalinki (*Hyla arborea*). Ispreplетenost različitih tekućica i stajaćica izuzetno je važna za brojne vodozemce: žuti mukač (*Bombina variegata*), veliki vodenjak (*Triturus carnifex*) i zelena krastača (*Bufo viridis*). **Na Barjanskoj ravnici pronaći ćemo 70 posto svih vrsta vodozemaca koji žive u Sloveniji.**

Zamočvarena tla i vodotoci na Barju čuvaju iznimnu kulturnu baštinu. U koritu rijeke Ljubljanice arheolozi su otkrili **drveni vrh strelice star 40 tisuća godina**, izvanredno očuvane srednjovjekovne mačeve, rimsku ladu dužine preko 15 metara... Do danas su na Barju pronađeni ostaci 43 sojenička naselja, među kojima su **dvije skupine naselja kod Iga** uvrštena na **UNESCO-v popis svjetske kulturne baštine**. Među sojeničkim nalazima na Barju posebno se još isti-

če ostatak sojeničkih kola, **najstariji drveni kotač s osovinom na svijetu**, star 5150 godina. No Barje nije samo riznica biološke raznolikosti i kulturne baštine. Široka barjanska ravnica zadržava poplavne vode, a duboka i kompleksna tla u kombinaciji s močvarnim biljkama djeluju poput prirodnog filtera. Vlaga u tlu hladi atmosferu, pa je zbog toga na Barju uvijek za stupanj ili dva hladnije nego na periferiji. Konačno, Ljubljansko barje čovjeku također predstavlja izvor hrane i pitke vode.

Slikovni prikaz sojeničkog naselja Maharski prekop, Narodni muzej Slovenije (Predložak: Anton Velušček, Ilustrirao: Igor Rehar)





Ljubljanica i izmaglica (Foto: Bojan Erhartič)

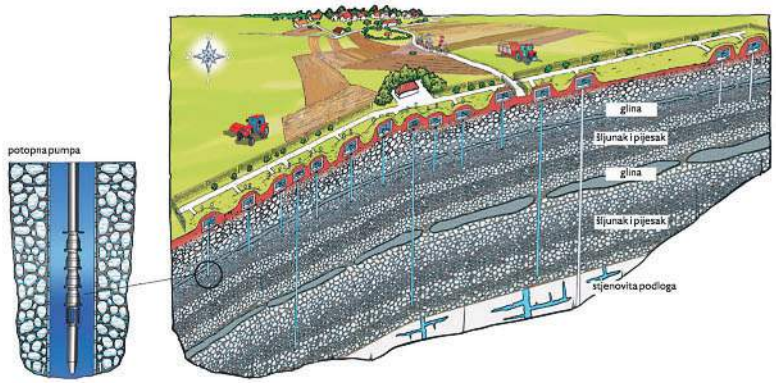
Voda - glavni element Ljubljanskog barja

Na spomen Ljubljanskog barja najčešće pomislimo na rijeku Ljubljanicu, poplave i maglu. Radi se o različitim oblicima voda koje oduvijek karakteriziraju ovaj prostor. Rijeka Ljubljanica od rimskih je vremena nadalje bila glavni prometni put između Nauportusa (Vrhnike) i Emone (Ljubljane). Poplave su zadavale glavobolju još carici Mariji Tereziji koja je na Barju željela izgraditi žitnicu za svoju brojnu vojsku. Od barjanske magle nisu se uspjeli obraniti niti ključari srednjovjekovne Ljubljane. Kvalitetno stanovanje na i oko Ljubljanskog barja zahtijeva dobro poznavanje prirodnih zakonitosti ovoga prostora koji najviše karakterizira voda. Na Ljubljanskom barju ona se pojavljuje u tri oblika: kao površinska voda, kao podzemna voda i kao voda u zraku.

Ako se na jesen ili zimi popnemo na neki od brežuljaka na rubu Barja, ispod sebe često ćemo ugledati more magle. Na proljeće gustu **maglu** zamjenjuje bajkovita **izmaglica** koja poput vješte balerine lebdi tik iznad tla. Tijekom cijele godine možemo uočiti površinske vode Ljubljanskog barja. Od Vrhnike do Ljubljane lijeno se spušta glavni barjanski vodotok, **rijeka Ljubljanica**. Napaja se iz bogatog zaleđa Notranjske (Cerkniško polje/jezero i Planinsko polje) i iz **brojnih pritoka na Barju** (Mala i Velika Ljubljanica, Bistra, Borovniščica, Iška, Ižica, Gradaščica, Mali Graben...). Izvanredno gusta je i **mreža umjetno iskopanih melioracijskih kanala i jaraka** ukupne dužine čak oko pet tisuća kilometara. U središnjem dijelu barjanske ravnice, na usamljenoj uzvisini Kostanjevica, **nalaze se manja močvara i ostatak prijelaznog creta**, prirodni rezervat Mali plac. Na sjeveroistočnom dijelu Barja kod Viča nalazi se **poplavna šuma**, stanište brojnih vodozemaca. Na manje stajaćice naići ćemo i u rubnim područjima Ljubljanskog barja. Kod Vrhnike i Iga nalazi se više ribnjaka, nekadašnjih glinokopa, u kojima obitavaju brojne vrste riba, ptica



Poplavna šuma (Foto: Dejan Veranič)



Ilustracija crpilišta Brest sa detaljem potopne pumpe (Ilustracija: Marijan Pečar)



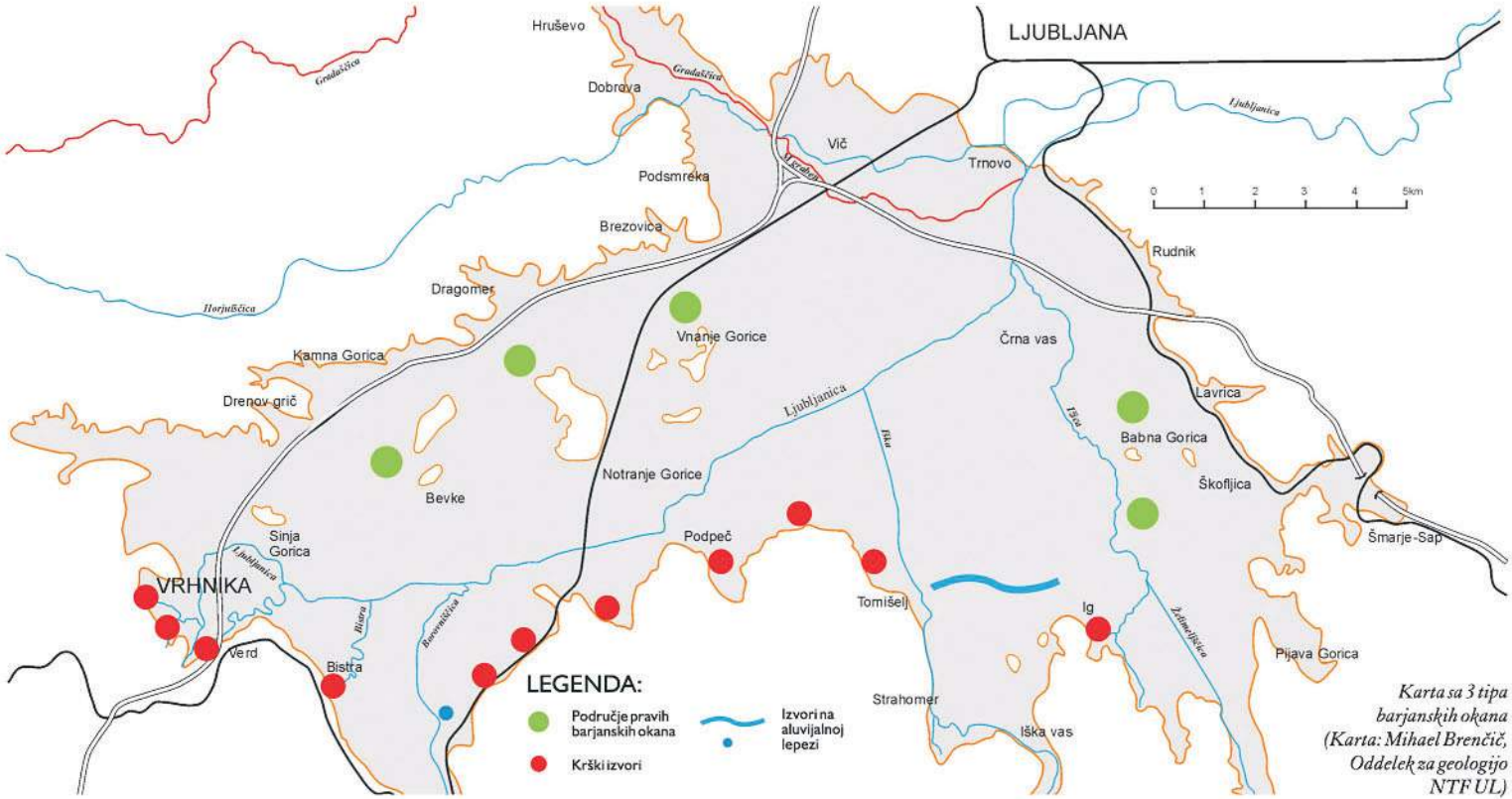
Poplave u KP Ljubljansko barje (Foto: Gregor Čuk)

vodarica i kornjača. Kod Podpeči nalazi se **krško jezero** koje s dubinom od 51 metra predstavlja najdublje slovensko jezero.

Za razliku od površinskih voda koje predstavljaju samo jedan postotak površine Krajinskog parka Ljubljansko barje, podzemne vode nalaze se pod cijelom površinom barjanske ravnice. Podzemna voda izbija na površinu na dodiru različitih slojeva, u brojnim prirodnim izvorima (tzv. barjanskim oknima). Zahvaćena je također i brojnim bušotinama načinjenima za potrebe crpljenja pitke vode. Na krškom rubu Ljubljanskog barja, sve od Vrhnike do Iga, nalaze se brojni **krški izvori**. Najpoznatiji su izvori rijeke Ljubljanice između Vrhnike i Bistre. Puno su manje znani izvori koji se nalaze na rubu aluvijalnih lepeza, nanosa šljunka koji donose rijeke. Hidrogeolozi su najviše izvora na aluvijalnoj lepezi pronašli na rubim dijelovima aluvijalne lepeze rijeke Iške. Nanosi šljunka Iške sežu više desetina metara u dubinu, gdje se nalaze **velike zalihe pitke vode** koja se crpi u crpilištu Brest.

Površinske i podzemne vode Ljubljanskog barja udružuju snagu tijekom obilnijih i dugotrajnijih jesenskih i proljetnih oborina. Vodotoci se tada izlijevaju iz svojih korita te na Barju dolazi do poplava. Tijekom **redovitih godišnjih poplava** voda prekrije oko 15 % površine, a u slučaju **izvanrednih poplava** čak i više od pola površine Ljubljanskog barja. Tada barjanska ravnica poprimi izgled nekadašnjeg sojeničkog jezera.

Barjanska okna



Karta sa 3 tipa barjanskih okana (Karta: Mihael Brenčič, Oddelek za geologijo NTF UL)

Barjanska okna - jedinstven vodni fenomen

Barjanska okna laički je naziv za sve izvore i manje vodne površine na području Barja i periferiji. Pregled pisanih izvora, usmene predaje lokalnog stanovništva i popis barjanskih okana na Ljubljanskom barju u sklopu projekta LOKNA ukazuju na to da se radi o vrlo raznovrsnom vodnom fenomenu. Na raznolikost nailazimo kako u nazivlju, tako i u tipologiji fenomena. Prilikom terenskog prikupljanja podataka o barjanskim oknima među lokalnim stanovništvom na Barju naišli smo na različite nazive: izvori, okna, tolmuni i retja (izvori u kojima voda velikom snagom izbija iz podzemlja). Neka su okna lokalni ljudi nazvali po vlasnicima parcela na kojima se nalaze izvori (Urhovo okno po prezimenu Urh), a druga po vrsti raslinja oko izvora (Jelšnik po jelšama - johama).

Hidrogeolozi su barjanska okna podijelili prema područjima na kojima se pojavljuju, i to na:

- prava barjanska okna na izdignutim cretovima
- okna na rubu aluvijalnih lepeza i rubna izvorišta
- krške izvore na krškom rubu Ljubljanskog barja.

Prava barjanska okna su otvorene vodne površine koje se nalaze na izdignutim cretovima. Kao što danas na Barju više nema pravih izdignutih cretova, tako na tom području danas više nećemo pronaći niti pravih barjanskih okana. Nestala su zajedno s visokom vodom koja je otekla nakon prvih većih melioracijskih radova. Mjesta na kojima se pojavljuju možemo pronaći na jozefinskim vojničkim topografskim kartama prvog premjera za Srednju Austriju, koje su za Barje bile napravljene 1784. i 1785. godine. U objašnjenju koje je nastalo istovremeno s kartama, za područje Notranjih Gorica je zapisano: "Otvorene vode, koje se nazivaju jezerska okna, gotovo su nedostupne."

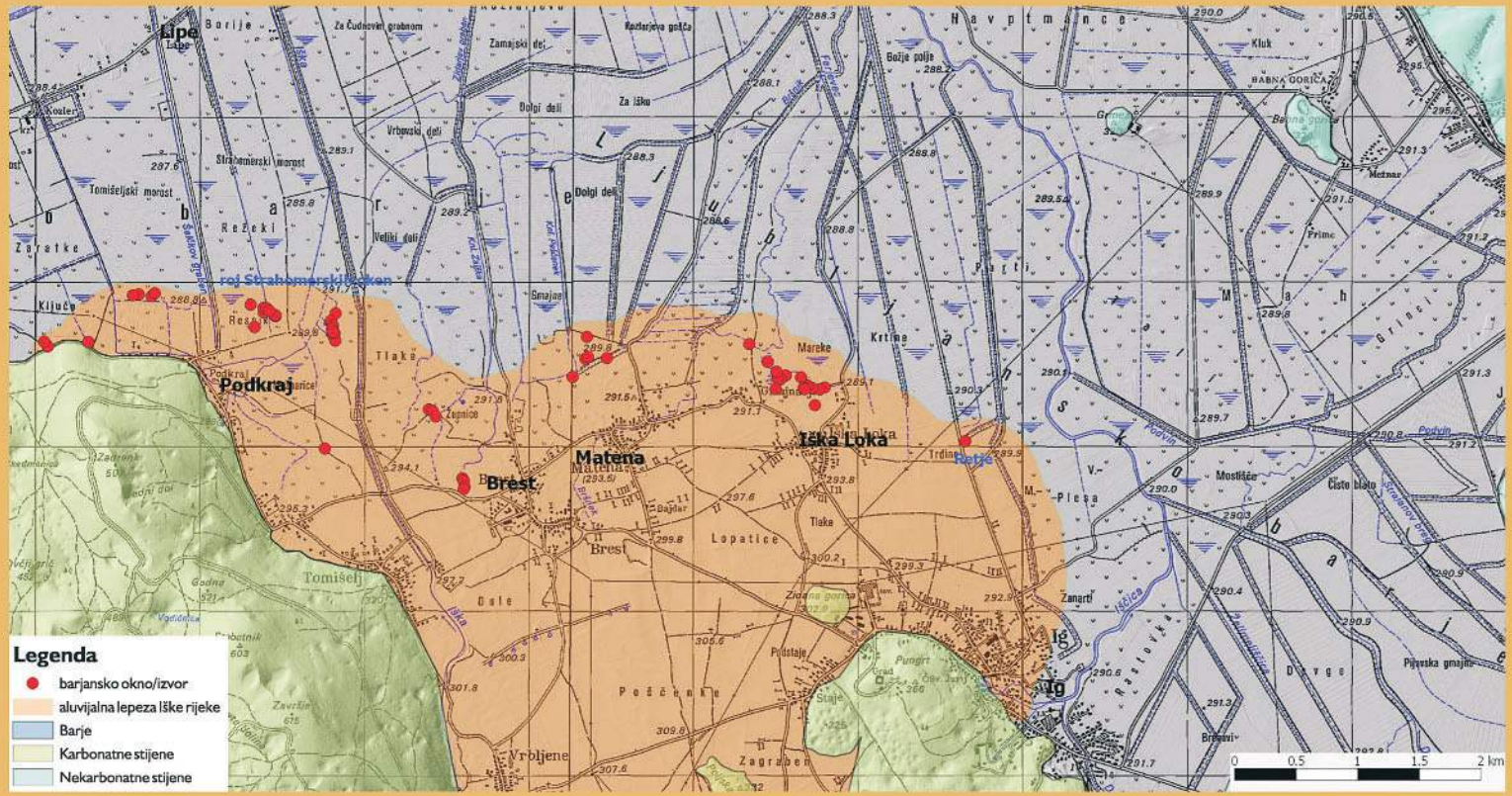
Izvori i okna na rubu aluvijalnih lepeza



Plitki tip okna na rubu aluvijalne lepeze (Foto: Maša Bratina)

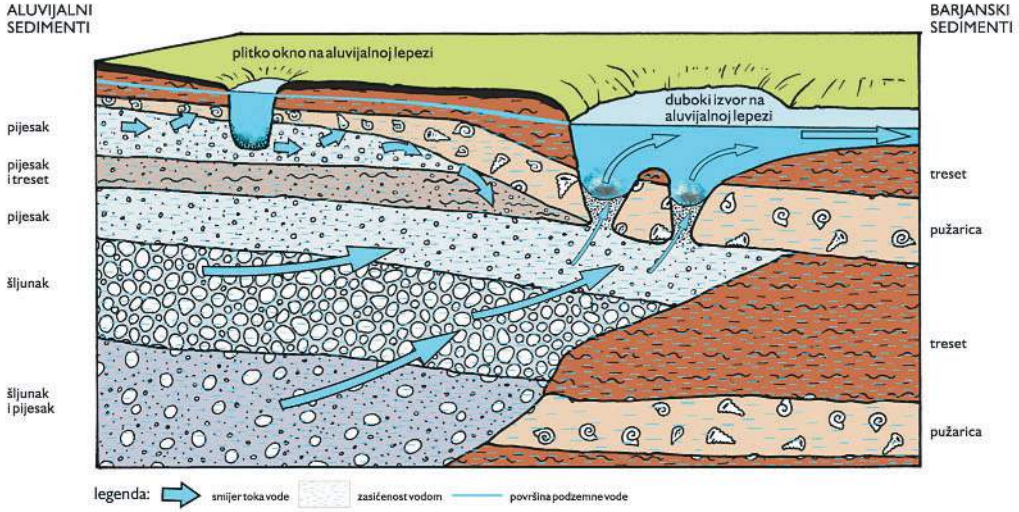
nalaze se na rubovima nanosa rijeka koje donose šljunka. Najveća raznolikost i brojnost promatranih vodnih fenomena nalazi se na granici aluvijalne lepeze rijeke Iške. Prilikom popisivanja hidrogeolozi su ih pronašli čak 53, a većina se pojavljuje u skupinama, kao na primjer Strahomerski roj. S obzirom na dotok vode razlikujemo plitki i duboki tip okana i izvora na aluvijalnoj lepezi.

Barjanska okna na aluvijalnoj lepezi Iške rijeke (Podloga: GURS 2016, Autori: Mihaela Brenčič, Teja Keršmanc, UL Prirodoslovno tehnički fakultet, Odjel za geologiju)


Podkraj
Matena
Brest
Iška Loka
Legenda
barjansko okno/izvor
aluvijalna lepeza Iške rijeke
Barje
Karbonatne stijene
Nekarbonatne stijene
0 0.5 1 1.5 2 km

Plitki izvori na rubu aluvijalnih lepeza vezani su na sloj između slabije propusnih močvarnih nanosa (glina, mulj, sitan pijesak) i jače propusnih nanosa koji su donijele rijeke (šljunak i pijesak), gdje na površinu izbija voda iz gornjeg dijela vodonosnika. Za te izvore značajne su oscilacije razine vode i temperature. Najveća skupina plitkih izvora na rubu aluvijalne lepeze nalazi se kod Iške Loke, gdje su hidrogeolozi definirali dvije veće skupine: to su Mareke i izvori Lošce. Stariji stanovnici Iške Loke sjećaju se da su se kao djeca klizali na tim izvorima. Danas su neki od tih izvora već u potpunosti presušili, a drugi više podsjećaju na veće lokve nego na okna.

Plitka okna na rubu aluvijalnih lepeza razlikuju se od izvora po tome da iz njih voda ne otječe na prirodan način te su zato obično veća od izvora na rubu aluvijalnih lepeza. Na granici aluvijalne lepeze rijeke Borovniščice nalazi se Anžutovo retje, koje s dimenzijama od 20 m x 16 m spada među najveća evidentirana barjanska okna.



Dva tipa okna/izvora na aluvijalnoj lepezi (Ilustracija: Marijan Pečar)



Anžutovo retje kod Borovnice (Foto: Maša Bratina)



Naviranje sitnih dijelova treseta i kućica puževa iz barjanskog okna (Foto: Dejan Veranič)



Prekriveni krški izvor kod Goričice (Foto: Dejan Veranič)

Duboki izvori na rubu aluvijalnih lepeza napajaju se vodom iz donjeg dijela vodonosnika, gdje voda izbija na površinu kroz kanale. Budući da voda dolazi na površinu pod pritiskom, na putu iz donjeg dijela vodonosnika prema površini ispire različite slojeve tala na Barju: tzv. pužaricu i treset. Pužarica je sloj svijetlosive gline koja se nalazi pod slojem treseta i promjenjive je debljine. Radi se o jezerskom sedimentu koji radi brojnih puževih kućica nazivamo pužarica. Zajedno s vodom tako na površinu dolaze sitni dijelovi gline, komadići smeđeg treseta i bijelih puževih kućica. Za razliku od plitkih izvora na aluvijalnim lepezama, temperatura u dubokim izvorima stalna je tijekom cijele godine: oko 11 stupnjeva.

Najveće skupine dubokih izvora na aluvijalnim lepezama nalaze se između Bresta i Podkraja: skupina izvora Jevšnik i skupina Strahomerskih izvora.

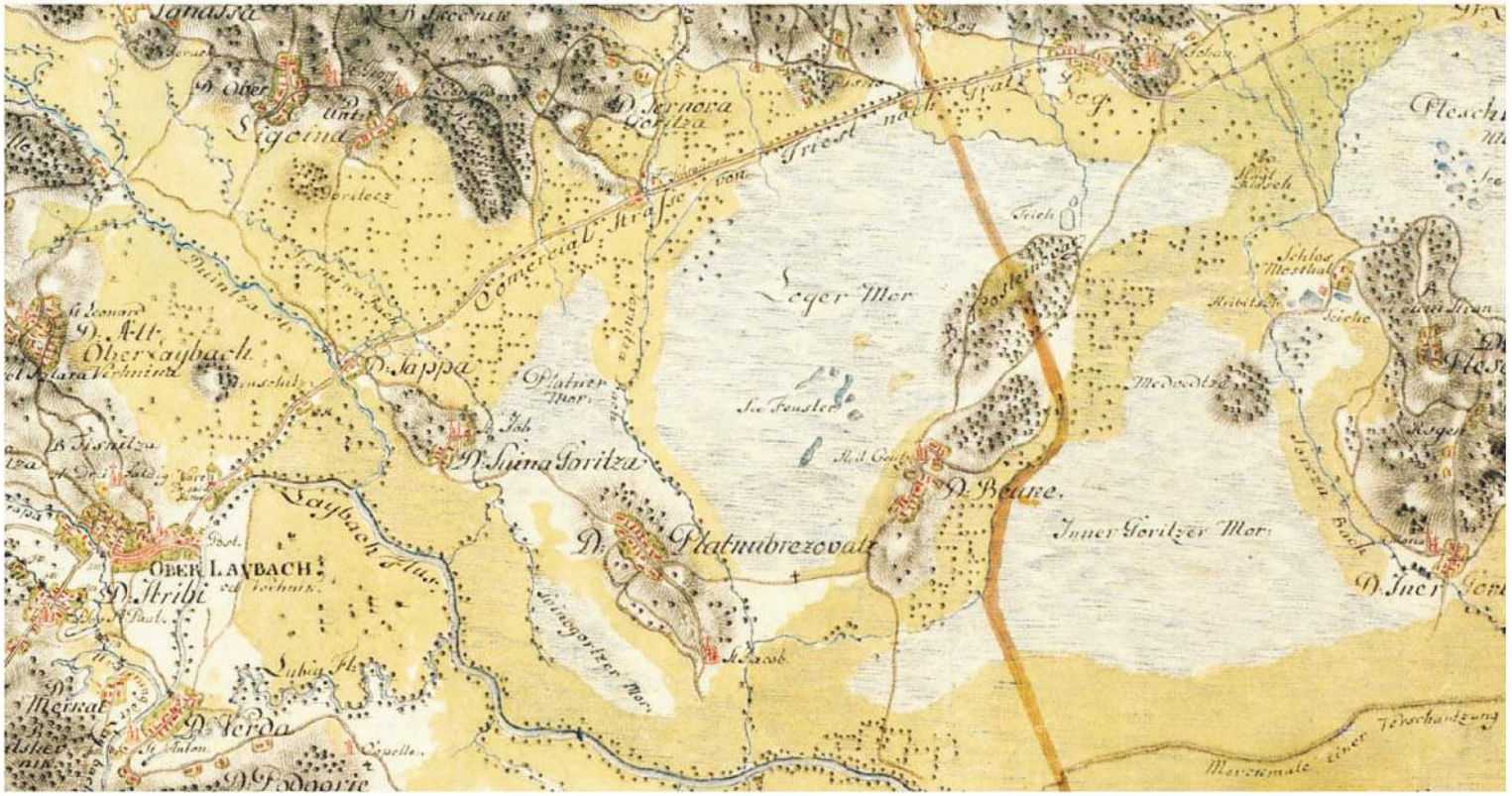
Krški izvori nalaze se na krškom rubu Ljubljanskog barja koji se prostire od Vrhnike do Iga u podnožju Krimskoga gorja. Najpoznatiji krški izvori su izvori rijeke Ljubljanice između Vrhnike i Bistre: Mala i Velika Ljubljanica, Ljubija i Bistra. Manje su poznati brojni manji krški izvori između Goričice i Pake koji su prekriveni pužaricom i tresetom. Primjećujemo ih samo tijekom jačih padalina, kada voda u sitnim mlazovima izlazi iz tla.

Značaj barjanskih okana nekad i danas

Da su okna na Ljubljanskom barju iznimni fenomen pokazuju brojna spominjanja u literaturi još od 17. stoljeća naovamo. Najstariji spomen barjanskih okana nalazimo u djelu "Slava vojvodine Kranjske" polihistora Janeza Vajkarda Valvasora (1689.): *"... između Ljubljane, Iga i Vrhnike još ima dosta takvih nadasve dubokih mlaka ili lokvi koje su pune vode. Obično ih nazivaju okna. Dubinu im nitko ne može izmjeriti, što ukazuje na to da su*

Barjanska okna

Položaj pravih barjanskih okana vidi se danas samo na starim kartama, Jožefinske vojničke topografske karte



te male mlake ili lokve ispod propusne i sežu do ždrijela duboko u zemlji skrivenog kanala - ili bolje rečeno, od njega se izdižu. U mnogima od njih zadržava se velik broj lijepih riba."

U vrijeme prije velikih melioracijskih zahvata na Barju, Ljubljansko barje bilo je sasvim drukčije nego danas. Prekrivao ga je izdignuti cret koji je bio teško prohodan jer u tom području nije bilo utrtih putova. U takav kraj dolazili su samo ribiči i lovci, no i oni su morali biti vrlo oprezni kako ne bi pali u barjanska okna, što je u detaljnoj prirodoslovnoj studiji Ljubljanskog barja 1886. godine slikovito opisao Ivan Šubic:

"Prilikom lova bio je potreban veliki oprez i velika spretnost. Ponekad bi se noga poskliznula pa su muškarci morali jedan drugoga izvlačiti iz dubina i blata. Površina se tresla na svakom koraku. Posebno opasna bila su barjanska okna ili vretjá (Seefenster). Tako su se nazivale vodospreme koje su ponekad bile otvorene, a ponekad varljivo prekrivene tankim slojem mahovine i šaša. Jao čovjeku koji bi sam zašao onamo! Netragom bi nestao u oknu. Još i nakon što se započelo sa isušivanjem, radnici na polju često bi naišli na prekrivena okna. Pritiskali bi drveni stup kroz debelu koru, ali bi rijetko kada došli do dna. Poznati izvori bili su kod Lavrice, Loke, Plešivice, Kostanjevice, Bevk i drugdje. Kako je melioracija napredovala, tako se barsko lice naglo mijenjalo."

Nakon većih melioracijskih radova na Ljubljanskom barju, izdignuti cret zamijenile su livade te s vremenom i njive te naselja. Starije lokalno stanovništvo iz Podkraja priča da su se kao pastiri bojali da im u barjansko okno ne padne stoka na ispaši. Naime, samo su najustrajniji, najjači i dobro opremljeni užadi uspijevali izvući stoku iz okna. Poljoprivrednicima su barjanska okna predstavljala komad neupotrebljive zemlje koju bi zbog toga često zasipali ili bi tok vode iz barjanskih okana preusmjerili u obližnje kanale. S druge strane, lokalno stanovništvo također pripovijeda da su vodu iz barjanskih okana upotrebljavali kao pitku vodu i vodu za pranje posuđa i odjeće sve dok do njihovih kuća nije stigao vodovod. Stanovnici Iške Loke govore da su im barjanska okna kao djeci predstavljala prostor za igru i zabavu, gdje bi se zimi klizali, a u toplijem dijelu godine lovili ribe i rakove.

Još i dandanas se zna dogoditi da netko upadne u barjansko okno. Seljaci veća okna i dalje uvijek radije ograduju i tako osiguravaju stoku od opasnosti. Također se još dešava da se barjanska okna i izvori zasipavaju. Ako se radi o plitkom tipu barjanskih okana i izvora, ti fenomeni s vremenom presuše. Ako se radi o dubokim izvorima i oknima, tok vode se samo preusmjeri, tako da se novo okno ili izvor uskoro pojavi negdje u blizini nasipa. Pažljivijim pogledom na zasuta barjanska okna otkrit ćemo da su se na svim nasutim područjima raširile invazivna gustocvjetna (*Solidago canadensis*) i velika zlatnica (*Solidago gigantea*) koje tvore guste sastojine koje se brzo šire na obližnje njive i livade. Na prvi pogled puno manje uočljiva, ali zato puno opasnija su fitofarmaceutska sredstva koja se upotrebljavaju u intenzivnoj poljoprivredi i dopiru u tlo u kojemu se

nalaze izvori pitke vode. Lokalno stanovništvo govori da se, otkada se na Barju intenzivno uzgaja kukuruz, više ne usude piti vodu iz barjanskih okana. Najotrovnija fitofarmaceutska sredstva već su nekoliko godina zabranjena, a vrijeme njihova raspada u prirodi izuzetno je dugo. Brojni Barjani shvaćaju da su barjanska okna puno više od neupotrebljivih rupa. Gospodin Jože Krašovec iz Podkraja, dugogodišnji dobrovoljni vatrogasac, naglašava da su barjanska okna izuzetno važna u proljetno doba, kada se na Barju zapali treset. Tada barjanska okna predstavljaju najbliži izvor vode za gašenje. Mikrobiolog dr. Janez Hacin upozorava na značaj barjanskih okana za navodnjavanje livada i njiva u sušnom razdoblju, što bi se moglo postići reguliranim sustavom brana u kanalima u koje otječe voda iz barjanskih okana. Barjanska okna su također i važan pokazatelj stanja podzemnih voda. Mjerenja razine podzemnih voda u barjanskim oknima vrše se još od 1967. godine. Brojni lokalni stanovnici na Barju su ponosni da se u njihovoj blizini nalaze tako



Mjerne letve u Strahomerskom oknu (Foto: Maša Bratina)

jedinstveni vodni fenomeni i žele ih predstaviti široj javnosti. U Tomišlju je osnovano Kulturno društvo Izviri Tomišelj koje je 2010. godine za posjetitelje uredilo okna na aluvijalnoj lepezi Jevšnik.

Poučna staza o barjanskim oknima

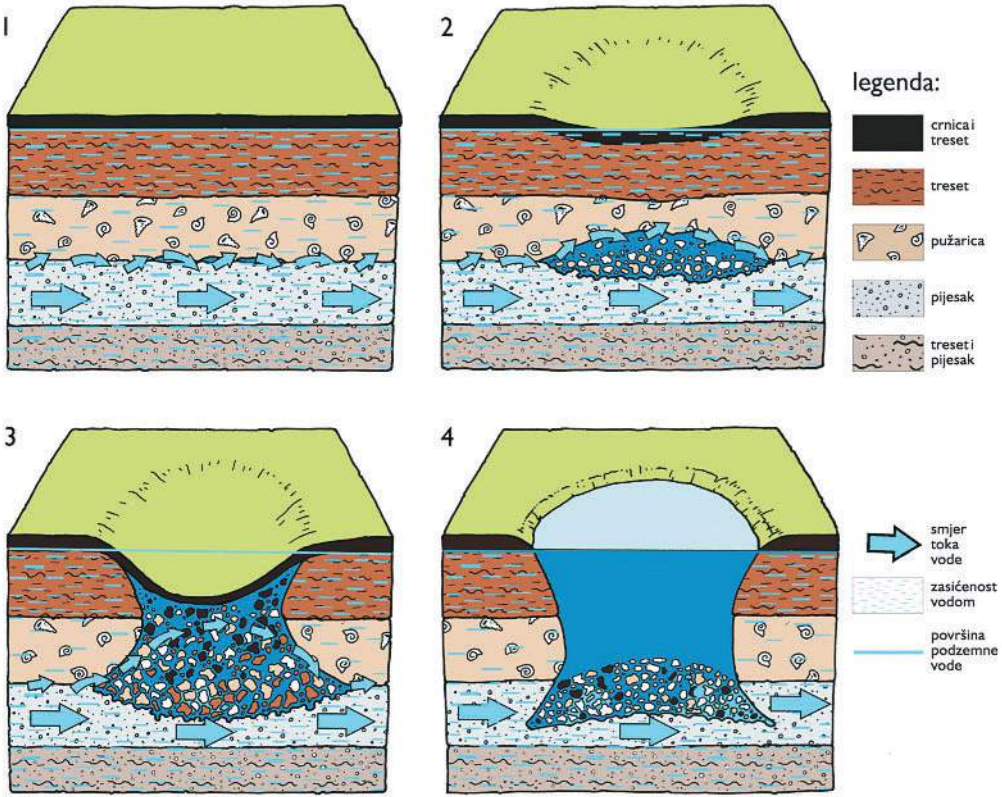
Jedna od aktivnosti u sklopu projekta LOKNA je uređenje poučne staze o barjanskim oknima na Ljubljanskom barju. Krajinski park Ljubljansko barje u uređenju poučne staze surađuje s lokalnim stanovništvom, predstavnicima Zavoda Republike Slovenije za očuvanje prirode i s hidrogeologom dr. Mihom Brenčičem. Prilikom izbora staze park se pridržavao načela da se čim manje zadire u neutrti dio Barja i da se čim više iskoriste postojeće staze. Polazna točka poučne staze nalazi se u blizini glavne ceste u Podkraju, na krškom rubu Ljubljanskog barja. Tik uz uvodnu informativnu ploču teče potok Šentjanž koji izbija na površinu u krškom izvoru podno crkvice sv. Ivana Krstitelja. S asfaltne ceste poučna staza prelazi iz naselja na poljski put koji vodi do Strahomerskih okana. Kod okana je drveni podest s ogradom za sigurno razgledavanje dubokih izvora. Na podestu su informativne ploče sa slikovitim ilustracijama pomoću kojih se posjetiteljima predstavlja fenomen barjanskih okana na cijelom području Ljubljanskog barja, na Iškoj aluvijalnoj lepezi i u skupini Strahomerskih okana. Ključno za razumijevanje barjanskih okana je poznavanje različitog sastava tla na aluvijalnoj lepezi

i Barju, što je ilustrirano na dva stupa kod informativnih ploča. Na ogradi podesta nalaze se kocke koje se sastavljaju u tipove tla na Barju, u razvojne stadije životinja vezanih uz vodu, te u Barje u četiri godišnja doba. Zahvaljujući tim interpretacijskim alatima, upoznavanje prirode zanimljivo je i najmlađim posjetiteljima. Od Strahomerskih okana staza se nastavlja do kanala Jevšnik u koji otječu vode iz skupine izvora Jevšnik. Na obližnjoj informativnoj ploči objašnjen je značaj barjanskih okana za čovjeka nekad i danas. Poučna staza duga je oko 2 kilometra i najbolje ju je obići pješice. Za obilazak u jednom smjeru, računajući zaustavljanja, potrebno je oko sat vremena. Ako želimo, možemo nastaviti s obilaskom poučne staze uz rijeku Išku i Koščeve poučne staze u neposrednoj blizini. U tom slučaju bit će nam potreban još koji sat. Do staze se može doći i javnim prijevozom. Lokalnim autobusom Ljubljanskog putničkog prometa br. 19b stiže se do Lipa, odakle se nastavlja pješke 1,5 km uz rijeku Išku po poučnoj stazi Okljuk, nakon čega se skreće desno na poučnu stazu o barjanskim oknima.



Karta Poučne staze barjanskih okana (Ilustracija: Marijan Pečar)

Barjanska okna



Nastanak okna s legendom
(Ilustracija: Marijan Pečar)

Radionice o barjanskim oknima

Čak niti primjerno uređene poučne staze neće pomoći očuvanju barjanskih okana ako lokalno stanovništvo ne bude prepoznalo te fenomene kao značajnu prirodnu vrijednost. Prvi korak ka širem razumijevanju barjanskih okana među lokalnim stanovništvom bile su radionice koje je Krajinski park Ljubljansko barje organizirao u osnovnim školama u Igu i Borovnici. U uvodnom dijelu učenici su otkrivali geološku prošlost Ljubljanskog barja i osnovne slojeve tla koji danas čine Barje: šljunak i pijesak, glinu i treset. Također su upoznali različite tipove vodonosnika: vodonosnik s poroznim pukotinama, krški, arteški, subarteški i aluvijalni. U praktičnom dijelu učenici su sami sastavili svatko svoj model vodonosnika koje su na kraju svi zajedno isprobali. Pomoću modela arteškog vodonosnika naučili su kako funkcionira barjansko okno na aluvijalnoj lepezi.

Učenici su vrlo lijepo sudjelovali na radionicama, o čemu svjedoče njihovi utisci:



Eksperiment poroznosti i propusnosti različitih slojeva barjanskih tala u OŠ Borovnica (Foto: Anton Žvanut)

"Projekt barjanska okna jako mi se svidio, jer sam naučila puno novoga o Ljubljanskem barju. Najzabavnije je bilo kada smo imali radionice u skupinama. Tada smo na vlastite oči vidjeli što se događa s barjem."

Katja Potočnik, Osnovna škola Ig

"Bilo mi je super. Puno toga sam naučila. Slušala sam sa zanimanjem jer me je zanimalo. Ponovila bih kad bi bilo prilike. Sada znam što je to vodonosnik."

Karmen Centa, Osnovna škola dr. Ivana Korošca Borovnica

"U ponedjeljak 16. studenog imali smo radionice na temu barjanskih okana. Naučili smo što su to barjanska okna i kako ona nastaju."

Zala Kramar, Osnovna škola Ig

Pogled kroz barjanska okna - pogled u budućnost

Ljubljansko barje izuzetno je složeno područje koje svoju suštinu skriva pod površinom. Duboka tla, sastavljena od različitih slojeva, i podzemna voda tvore jedinstvene uvjete.

Poplave do kojih dolazi svake godine i meka močvarna tla nisu odvratila čovjeka od gradnje kuća, cesta i željeznica, niti od poljodjelstva na barjanskoj ravnici. A svaki takav zahvat treba biti dobro promišljen ako želimo da bude uspješan. Kuće na Barju potrebno je graditi na pilotima, za ceste je potrebno izgraditi nasipe, a za željeznicu treba nasuti velike količine stijena i kamenja. Seljaci na Barju znaju da svaka kultura neće uspijevati na močvarnim tlima. Također znaju da treba pažljivo pratiti poplave i mudro procijeniti na kojim područjima ima smisla saditi. Osim odabira prikladnih kultura za sadnju na Barju, također je važno znati kako ih se treba uzgajati i kojim pripravcima se smiju prskati.



Testiranje modela arteškog vodnosnika (Foto: Anton Žvanut)

Od izuzetnog značaja za čovjeka na i oko Barja je izvor pitke vode koji se nalazi u tli-

ma na aluvijalnoj lepezi. A taj izvor nije neiscrpan. I lokalno stanovništvo i stručnjaci upozoravaju da se razina podzemne vode snižava. Istovremeno, lokalno stanovništvo govori da se, otkad se na Barju intenzivno uzgaja kukuruz, više ne usuđuju piti vodu iz barjanskih okana. Razinu podzemne vode i njenu kvalitetu u močvarnim tlima možemo promatrati u barjanskim oknima.

Promjena i nestanak barjanskih okana je proces koji ne možemo zaustaviti. Međutim, možemo ga proučiti i time bolje razumjeti.

Za cjelovit pogled na barjanska okna potrebno je stalno pratiti fenomene i izvršiti dodatna istraživanja koja će pokazati točnije uzroke i načine nastanka barjanskih okana. Bolje razumijevanje fenomena doprinijet će i boljem odnosu prema njima. Zbog toga su od izuzetnog značaja aktivnosti informiranja o barjanskim oknima. Radionice koje su već održane u nekim barjanskim školama i među odraslim lokalnim stanovništvom pokazale su da je zanimanje za te fenomene veliko. Glavna ciljna skupina aktivnosti stalnog informiranja moraju biti i vlasnici parcela s barjanskim oknima. Najveći zaštitnici barjanskih okana mogu biti upravo ti vlasnici parcela s barjanskim oknima koji dobro razumiju te fenomene te ih zato i cijene.

Stalno promatranje barjanskih okana kao fenomena u cijelosti, znanstvena istraživanja i dobro osviješteno lokano stanovništvo otvaraju put i trajnom turizmu. Ljudi sve više shvaćaju da je pitka voda neprocjenjivo blago koje je potrebno sačuvati. Što bolje budemo shvaćali gdje se nalaze izvori pitke vode i kako naše aktivnosti utječu na njihovu kvalitetu, bolje ćemo ih znati čuvati i štititi. Pogled kroz barjanska okna otvara nam pogled u podzemne vode. Pogled kroz barjanska okna od prošlosti do danas otvara nam pogled na utjecaj čovjekovih aktivnosti na zalihe i kvalitetu podzemnih voda. Trebamo se potruditi da očuvamo barjanska okna , jer ćemo time sačuvati i pogled u svoju budućnost.



Potrebno je stalno bilježenje pojava (Foto: Dejan Veranič)



Pogled kroz barjansko okno (Foto: Dejan Veranič)



Kal Paprata na vrbniškem območju
(Foto: Marko Matešić)

Uvod

Čezmejni projekt »Ohranitev in promocija vodnih biotopov - kali in barjanska okna za prihodnost« z akronimom LOKNA poteka od februarja 2015. Vodilni partner projekta je Javna ustanova »Priroda«, medtem ko so drugi partnerji mesto Krk, Krajinski park Ljubljansko barje in Geodetski inštitut Slovenije. Cilj projekta je ohranitev in revitalizacija malih vodnih biotopov, v prvi vrsti presihajočih in stalnih kraških kalov na otoku Krku (Hrvaška) in barjanskih oken na Ljubljanskem barju (Slovenija). V okviru projekta so na hrvaški strani do zdaj izvedli naravoslovne raziskave živega sveta na treh kalih na zahodnem delu otoka Krka in opravili inventarizacijo flore, kačjih pastirjev, netopirjev, ptic, dvoživk in plazilcev. Organizirali so delavnico za otroke ter na tradicionalen način očistili in revitalizirali kal na območju Poljic, ki so ga prebivalci nekoč uporabljali za oskrbo s pitno vodo. Načrtovan je tudi popis in raziskava glavnih značilnosti približno 60 zanimivejših in z vidika značilnosti čim bolj raznolikih kalov na otoku Krku. To bodo zgolj nekateri reprezentativni kali od skupaj približno tristotih, za katere se domneva, da so se do današnjih dni ohranili in zadržali na tem z naravno dediščino bogatem »zlatem otoku«, kot pogosto poimenujejo Krk.

Cilj teh prizadevanj je oblikovati celovito spletno podatkovno bazo, s čimer bi se vsaj del spoznanj o kalih ohranil za prihodnost. V okviru projekta se bo odprla tudi učna pot »Pot ob kalih« in natisnil turistično-učni izletniški zemljevid.



Kal Vela lokva (Foto: Patrik Krstinić)

Skupni cilji in naloge slovenskih in hrvaških projektnih partnerjev so:

- geografska umestitev 70 vodnih biotopov (60 kalov na otoku Krku in 10 vodnih biotopov na Ljubljanskem barju)
- izvedba naravoslovnih raziskav vodnih biotopov
- organizacija izobraževalnih delavnic in strokovnih ekskurzij za osnovnošolce
- razstava fotografij barjanskih oken
- tisk promocijsko izobraževalnega materiala
- zasnova in urejanje dveh učnih poti, ki povezujeta vodne biotope
- interaktivni spletni portal z dostopom do kartografskih prikazov vodnih biotopov
- organizacija konferenc ter medijska promocija projekta in dragocene naravne dediščine
- ozaveščanje javnosti o pomenu biotske raznovrstnosti ter
- valorizacija naravne dediščine.

Kraški kali na kvarnerskih otokih so lokalno pomembni sladkovodni in/ali polslani ali brakični habitati. Ocenjujejo, da je skupno število pomembnejših kalov na kvarnerskih otokih več sto. Če bi pokušali »sešteti« njihovo skupno vlogo pri ohranjanju biotske raznovrstnosti, denimo na območju celotnega Kvarnerja, potem bi se njihov skupen ali »kumulativen« pomen povzpel vsaj na regionalno raven. Prek njih lahko namreč živi svet na nek način medsebojno komunicira (v varstveni biologiji bi lahko kale označili kot vmesne habitate) ter povezuje svoje bolj ali manj izolirane in ločene populacije ali išče prehranjevališča ob selitvah ipd.

Vsi kraški kali, vključno z malimi, se ponašajo z izjemno biološko produktivnostjo, nenavadno bogato biotsko raznovrstnostjo in krajinsko pestrostjo, izjemno sposobnostjo prečiščevanja onesnaženih snovi, zapletenimi biogeokemijskimi cikli in prepletenim kroženjem snovi... Poznamo različne vrste: od presihajočih, v katerih se voda zadržuje zgolj nekaj tednov ali mesecev, do stalnih, ki



Majhni presihajoči kal
(Foto: Marko Randić)

so lahko manjših ali večjih dimenzij. Nadalje so kali naravnega ali človeškega izvora, sladkovodni ali polslani ter lahko predstavljajo rezerven vir pitne vode za ljudi ali živali.

Sorazmerno bogastvo in strukturiranost vodnega rastlinskega sveta, ki kaže na coniranje oz. razdelitev v območja glede na globino vode, najverjetneje pa tudi glede na zasenčenost, slanost ter na oddaljenost od obale, se odraža v raznolikem živalskem svetu. V prvi vrsti lahko izpostavimo dvoživke, pri katerih je najštevilnejša ena vrsta zelene žabe (*Pelophylax* sp.), ki se v času razmnoževanja glasno oglaša.

Svet vodnih žuželk je ravno tako raznolik: posebej opazni so vodni hrošči, ki plavajo v vodnem stolpcu med stebli in listjem vodnih rastlin. Okolico kalov popestrijo dnevni in nočni »letalci« - številni kačji pastirji, ptice in netopirji.

Zgodovina kalov na otoku Krku

Kali po definiciji spadajo v mala močvirja. Poznamo različne vrste, naravne ali antropogene, zanje pa je značilno stalno ali občasno stagniranje padavinskih voda, včasih tudi dotok izvirske vode. Njihov nastanek na otoku Krku je povezan z evolucijo reliefa in delovanjem človeka skozi zgodovino.

Nastanek kraških kalov na otoku Krku lahko v večini primerov vseeno »pripišemo« človeku, natančneje njegovim posegom v



Kal Vela lokva pod Velim vrhom
(Foto: Marko Matešić)

krajini. Rudimentaren način gradnje kalov antropogenega nastanka lahko spremljamo že v bronasti dobi. Tedaj se je začela predelava mleka v sir, zato se je povečalo število glav živine, verjetno pa se je okrepila tudi deforestacija (proces krčenja gozdov, izguba gozdov) krajine na račun pašnikov za živino. Lahko domnevamo, da se je z izgubo nekoč bujnih gozdov na otoku zmanjšalo tudi bogastvo izvirov - naravnih napajališč za živino, zato sta bila izgradnja in vzdrževanje umetnih vodnih teles bistvenega pomena.

Kale so zgradili v kraški vrtači (ponikvi) ali udrtinah terena, dno pa so prekrili s plastjo nepropustne gline in dobro poteptali. Če se je v kalu napajala tudi velika živina, je bilo vzdrževanje še toliko bolj preprosto, saj so živali s kopiti neprestano puščale svoj odtis in popravljale nepropustno plast gline. Kale, ki so jih uporabljali izključno za potrebe ljudi, so pogosto ogradili s suhimi zidovi in ozkim vhodom, t.i. »stubom«, »kamor lahko zaide človek, ne more pa ovca«, s čimer so živini preprečil dostop.



Obzidani kalič pri Čižićih
(Foto: Marko Randić)

Za pravico do vode so v preteklosti bojevali številne bitke. V antiki so posebno vlogo pri porazdelitvi vodnih virov prevzeli Rimljani. Znano je, da iz njihovega časa izvirajo predpisi o pravicah do dostopa do vode, zato imajo najverjetneje zasluge za pravila o razdeljevanju vode v kalih (a tudi v izvirih) za zasebne pašnike. Še danes smo priča primerom, ko v isti kal vstopajo 3 ali 4 suhi zidovi, včasih tudi več, katerih naloga je, da črede s posameznih pašnikov usmerjajo na napajališče. Tako so z vodnim bogastvom kalov gospodarili skupaj oz. voda je veljala za skupno dobrino in lastnino, s katero je bilo treba ravnati racionalno. Primere takšnih kalov lahko najdemo pri ruševinah Veli Kaslir in Kaslirić nad Puntom, kjer 3 ali 4 suhi zidovi vstopajo v en kal. Tudi na območju Petilokev se nahaja vodnjak, domnevno še iz rimskih časov. Ne ve se, kako globok je, a odkrili so, da se po delu stopnic, zgrajenih iz kamna, v globino nadaljuje s hrastovimi stopnicami, ki jih po navadi prekriva voda, kar preprečuje gnitje lesa.

V času pozne antike in v bizantinskem obdobju so za namene oskrbe z vodo uporabljali tudi nakapano vodo s streh zgradb, ki se je zbirala v cisterne. Studence so gradili iz klesanega kamna na »vodni žili«, zato je bila to »živa voda«. Nekateri med njimi, denimo Studenec na Kandiji, imajo značilno polžasto obliko. Ime kaže, da bi čas njegove izgradnje ali temeljite obnove lahko segal (najkasneje) v obdobje (po) kandijskih vojnah.

Kraški kali na otoku Krku

Naravne značilnosti kraških kalov

Nekateri izmed glavnih virov plitvih vodnih teles v kategoriji malih močvirij na otoku Krku vključujejo plitva jezera in vodne akumulacije, slane in slankaste (brakične) kale in priobalna močvirja, antropogene in naravne kale različnih oblik, velikosti in globine, presihajoče (občasne) kale, betonirane kale, kale-izvire, kale ob izvirih, studence, naravne vodne rezervoarje ter druga mala vodna in močvirnata telesa...

Od začetka obdobja, ko je človek začel resneje posegati v naravne procese in krajino začel prilagajati sebi ter spreminjati vodni režim malih močvirij, so nastali, a tudi izginili številni kali na otoku Krku. V novejšem času so mala močvirja in kale izsuševali zaradi zdravstvenih razlogov - denimo v boju proti malariji, a tudi zaradi drugih razlogov urbanizacije in »civilizacijskega napredka«.

Z izginjanjem kalov in malih močvirij izpuhteva tudi čisto poseben svet, z njim pa tudi številni predstavniki rastlin in živali v močvirnatih in vodnih habitatih, o katerih so morda v najboljšem primeru ostala zgolj pričevanja v zaprašenih naravoslovnih knjigah in časopisih kot skopi zapisi naravoslovcev. Še pogosteje se zgodi, da se takšni podatki niso nikoli zbirali. Nekatera izmed malih močvirij, ki so se morda uspela ohraniti do današnjih dni, so žal tarča odlaganja najrazličnejših odpadkov, celo strupenih, s čimer je njihov živi svet ravno tako trajno ogrožen ali uničen, biološka funkcija kala pa je posledično zmanjšana ali onemogočena.

Eden izmed ciljev projekta LOKNA je, da se ta mala vodna telesa vsaj evidentirajo, opišejo in rešijo pred pozabo. Številni kali v priobalnem območju in na otokih so nastali zaradi dela ljudi in so jih uporabljali za oskrbo z vodo. Zato tovrstna vodna telesa narekujejo stalno skrb za vzdrževanje. Ker danes vzdrževanje v številnih primerih izostane, se kali zaraščajo z vegetacijo in v njih se kopiči vse več mulja, zato v procesu zaraščanja (hitreje ali počasneje) izginjajo.

Življenjski cikel kraškega kala - kopičenje sedimentov

Ko opazujemo življenjski cikel posameznega kraškega kala, so zelo zanimivi procesi nastajanja in kopičenja muljastega sedimenta na dnu. Slednje pogosto privede do popolnega zamuljevanja kala in njegovega izginotja oz. do spreminjanja vodne površine v kopno. Tovrstni kali, v katerih se (prekomerno) kopiči sediment, ob koncu življenjskega cikla najpogosteje najprej popolnoma zarastejo z močvirnato vegetacijo, nato se na tem mestu pojavi travnik, sčasoma pa se na površini, če se ne izvaja košnja ali paša, razvije tudi gozd. Proces običajno traja več desetletij in stoletij, strokovno pa ga imenujemo zaraščanje ali sukcesija.

Takšna sukcesija bi čez nekaj desetletij ali kasneje najverjetneje prizadejala tudi kal Živa pri Poljicah, če ne bi ponovno posegel človek. Tokrat tako, da je kal temeljito očiščen kopičenega mulja v okviru projekta LOKNA. To je še posebej pomembno za kal, ki je ne-

koč v obdobju suše imel odločilno vlogo pri oskrbi lokalnega prebivalstva s pitno vodo. Zaradi tega je čiščenje mulja na dnu kala postala redna tradicionalna dejavnost lokalnega prebivalstva, ki je bila pomembna zaradi vzdrževanja kalov v funkcionalnem stanju in zaradi upočasnitve sukcesije. Čiščenje se je izvajalo v rednih časovnih presledkih, običajno vsakih nekaj let. Po izročilu naj bi kal Živa temeljito očistili mulja pred približno šestdesetimi leti, kasneje pa verjetno zgolj redko, pri čemer se je tu in tam odstranilo nekaj mulja. Na koncu je tudi tovrstna praksa v luči spremenjenega načina življenja na vasi popolnoma izginila. Če upoštevamo dejstvo, da so pri najnovejšem čiščenju iz kala odstranili kar 20 kubičnih metrov mulja, lahko dobimo približno predstavo o hitrosti zamuljevanja in procesu izginjanja malega kraškega kala.

Danes so številni kraški kali na otoku Krku obzidani z betonom. Tako se kali tudi najlažje vzdržujejo, proces zamuljevanja pa je tako vedno pod nadzorom. Vendar pa ima to tudi določene pomanjkljivosti. Beton namreč preprečuje neoviran stik vodnih in močvirnatih rastlin kot tudi številnih živali, ki rijejo v mulju, s svojim naravnim substratom, brez takšne tesne povezave in vzajemnih prilagoditev, ki so nastajale tisočletja, se podedovane vrednosti biotske raznovrstnosti le stežka ohranijo v novih pogojih habitata, ustvarjenih s človeško roko.

Kali - ovalne, krožne in prstanaste strukture v krajini

Kali neredko predstavljajo estetsko nenavadno lepe elemente krajine. Njihova pravilna krožna struktura pritegne našo pozornost. Pogosta pravilnost oblik je še močneje poudarjena z dejstvom, da je tudi znotraj samega kala vegetacija običajno pravilno prstanasto ali koncentrično razporejena. Ker med letom prihaja do nihanja vodne gladine, se v kalu izoblikujejo prstanasti odseki obalnega pasu, ki so v daljših ali krajših obdobjih v letu izpostavljeni periodičnemu izsuševanju in navlaževanju ali preplavljanju z vodo. Tako različnim ekološkim pogojem so prilagojene raznolike rastlinske vrste, ravno tako pa se glede na globino stalne vode v kalu oblikujejo pasovi, v katerih rastejo določene močvirnate in vodne rastline. V osrednjih delih kalov po navadi uspevajo izključno vodne rastline, ta del kala je pogosto brez vegetacije, vendar pa se v kalu ravno tako izoblikuje nekakšna vrsta kroga, okrog njega pa še koncentrični pasovi močvirnate vegetacije.



Izsušeni obzidani kalič
(Foto: Patrik Krstinić)

Enega izmed lepih primerov prstanaste razporeditve, čeprav ne tudi idealne pravilne razporeditve vodnih in močvirnatih rastlin, lahko opazimo na kalu Menkova pri Poljicah. Ker gre za trajni kal, v njegovem središču na vodni površini običajno ni rastlin, proti obali pa sledi pas lebdeče vodne vegetacije, ki jo sestavljajo plavajoči dristavec in vodne leče, skupaj z bujno potopljeno vodno vegetacijo. Na ta del se navezuje izjemno poudarjen prstan močvirnate vegetacije, v katerem najbolj izstopajo gosto razporejena stebla močvirskega sita (*Eleocharis palustris*), med njim in kopnim pa sta še dva izrazita prstanasta pasa - prvi je skorajda brez vegetacije z izjemo nekaj zelo odpornih rastlin, ki so prilagojene stalnim spremembam poplavljenih in kopenskih pogojev (izstopa ena vrsta kobulnice), v drugem, ki je po obsegu širši, pa raste gosta preproga trave šopulje (*Agrostis* sp.) intenzivno zelene barve.

Krožne in prstanaste strukture kalov še bolj prihajajo do izraza in vzbujajo pozornost zaradi nenavadnosti, ko so kali ograjeni s suhimi zidovi, dramatičen prizvok pa dobijo tudi, ko je kal stičišče suhih zidov različnih pašnikov. Lep primer je kal Diviška nad Baško, ki se nahaja na kamniti ploščadi v bližini pečin na severovzhodni obali otoka Krka na sami meji zaščitenega ornitološkega rezervata. V njem je stičišče suhih zidov petih pašnikov, kar omogoča ločen dostop ovac do pitne vode.

Rastlinski svet kalov in malih močvirij

Za stoječe vode - kale in mala močvirja - so njihova posebna flora in vegetacija biološko pomembne sestavine. Brez vode in vlažne podlage ta posebej prilagojen svet ne bi mogel preživeti, pomembno pa je tudi, da voda v močvirjih ni onesnažena z različnimi škodljivimi in strupenimi človeškimi odpadki. V tako ohranjenih habitatih namreč rastejo vodni makrofiti (vodne rastline) in helofiti (močvirnate rastline). Vodne makrofite lahko najdemo v vodnih telesih na otoku Krku, na primer v kalih, jezercih in plitvejših jezerih, predvsem nitaste modrozelene bakterije, nitaste zelene alge, makrofitske alge parožnice, mahove, praprotnice in semenovke.

Najobsežnejšo in najbolj raznoliko skupino vodnih makrofitov predstavljajo rastline semenovke. V teh krajih so najpomembnejši predstavniki skupine vodnih makrofitov dristavci (*Potamogeton*), rogolistovke (*Ceratophyllum*), lokvanji (*Nuphar luteum*) in številne druge vodne rastline.

Poleg vodnih makrofitov obale kalov na otoku Krku krasijo tudi številne močvirnate rastline, ki niso toliko potopljene v vodo, a so odvisne od vlažnih tal, ki spremljajo vodna telesa. V skupino močvirnatih rastlin prištevamo številne vrste trav, šašev, kobulnic, vodne mete in številne druge vrste. Pravzaprav se močvirnate rastline ponašajo z neobičajno veliko raznolikostjo oblik in raznovrstnimi življenjskimi strategijami - od izjemno uspešnih trav (*Poaceae*) z vitkimi, a prožnimi votlimi in kolenčastimi stebli, ki se

Kraški kali na otoku Krku



Plavajoči dristavec (Potamogeton natans)
(Foto: Sunčica Strišković)

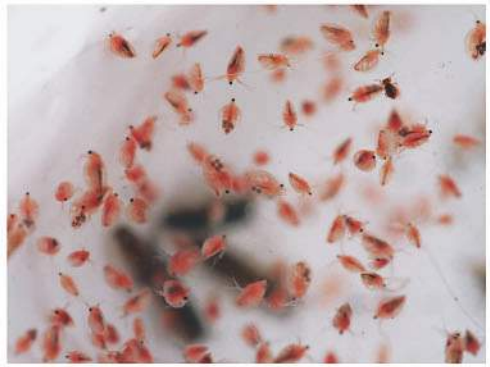
rahlo zvijajo v vetru, ter številnimi prašniki v metličastih cvetovih, ki jim kroženje zraka olajša sproščanje peloda, do šašev (*Carex*) s hrapavimi listi ostrih in nazobčanih robov (na katerih se lahko celo porežemo); kobulnic (*Apiaceae*) s kompleksno arhitekturo cvetov - ščitov drobnih cvetov, ki so v skupini videti kot velik cvet; dišeče ustnatice (*Lamiaceae*), polne žlez z eteričnimi olji (lep primer je vodna meta!), ločja (*Juncus*), katerega listje je včasih na vrhu bodljikavo, ter drugih rastlin, katerih korenine so vkopane v mulj in vlažna tla na obalah kalov in jezer.

Živalski svet kalov

Zaradi raznolike vegetacije vodnih in močvirnatih rastlin se v kalih razvije bogat živalski svet: tako lahko na primer najdemo ličinke kačjih pastirjev, vodne stenice, hrošče, ribice gambuzije, paglavce in številne druge vodne živali. Ob kalih in okrog njih so bogato strukturirani habitati različnih žuželk, dvoživk, plazilcev, ptic in netopirjev.

Žuželke v kalih

Zaradi velikega števila in pomembne vloge pri izmenjavi snovi so žuželke ene izmed najpomembnejših členov v ekosistemu kalov. Po izhodu iz jajčeca morajo ličinke žuželk prehoditi dolgo pot, na kateri se preobrazijo v odrasle živali. Sladkovodne žuželke imajo izjemen razpon oblik, tako v fazi ličinke kot tudi kot popolnoma razvite odrasle živali. Pri nekaterih vrstah je samo del življenjskega cikla neposredno povezan



Rakci vodne bolhe
(Foto: Patrik Krstinić)

z vodo, medtem ko nekatere vrste v vodi preživijo celo življenje. Denimo kačji pastirji in mladoletnice fazo ličinke preživijo v vodi, medtem ko odrasle živali večino časa preživijo v letu. Zaradi tega so razvile različne organe: tako imajo denimo ličinke žuželk razvite škrge in so brez kril, odrasle živali pa imajo krila in dihajo s posebnimi cevastimi organi - vzdušnicami. Po drugi strani hrošči, ki živijo v kalih, cel življenjski cikel preživijo v vodi. Odrasli vodni hrošči so razvili

Kraški kali na otoku Krku

zanimiv način dihanja. Na primer, pripadniki rodu *Dytiscus*, ki smo jih našli v večini kalov na otoku Krku, z zadkom priplujejo na vodno površino in pod trdim sprednjim parom kril »spravijo« zračni mehurček, s pomočjo katerega dihajo med potopom. Kopenske in vodne oblike posamičnih vrst, najdenih v kalih na otoku Krku, se razlikujejo tudi glede na način hranjenja - tako se denimo ličinke mladoletnic rodu *Limnephilus* hranijo z razpadajočimi ostanki rastlin,



Presentljiva pazverca (Lestes parvidens)
(Foto: Tomislav Bogdanović)

medtem ko imajo odrasle krilate živali razvite organe za lizanje rastlinskega soka. Ličinke mladoletnic življenje preživijo v hiškah, ki jih gradijo s povezovanjem drobnih koščkov lesa ali kamenčkov s pomočjo svili podobnega izločka iz žlez. Z zaraščanjem kalov in njihovo sukcesijo v kopenske habitate se nepovratno izgubljajo habitati, ki so nepogrešljivi za razvoj vodnih žuželk, s čimer pa se tudi siromaši skupna biotska raznovrstnost otoka Krka. Pripadniki favne kačjih pastirjev (Odonata), ki so značilna »amfibijska« skupina žuželk - ličinke namreč živijo v vodi kot plenilci, odrasle živali pa letijo po zraku, spretno manevrirajo in lebdijo nad vodo v lovu na drobnejše leteče žuželke. Pomembni pa so tudi, ker opozarjajo na stanje ogroženosti voda, predvsem v malih vodnih telesih. Še ena skupina žuželk, za katero morda niti ne bi pričakovali, da živi v kalih, t.i. amfibijski vodni organizmi, so metulji. Ob enem kalu na območju Poljic na zahodnem delu otoka Krka smo našli izjemno atraktivno »lokvanjevo veščo« (*Elophila nympheata*). Ti nočni metulji so zanimivi, ker njihove gosenice življenje preživijo v stoječih vodah, dihajo s strukturami, podobnimi škrgam, hranijo pa se z vodnimi rastlinami. Lokvanjeva vešča je eden izmed skupno 11 vodnih metuljev, ki jih do zdaj poznamo v Evropi. Večinoma so vsi ogroženi in jih je potrebno zaščititi.

Dvoživke in plazilci v kalih in ob kalih

Dvoživke ravno tako kažejo na onesnaževanje okolja - ker je njihova koža zelo propustna, skozi njo dihajo in zajemajo vodo, so zelo dovzetni za vpliv različnih onesnaževalcev. Ravno tako glede na fazo razvoja uporabljajo tako kopenske kot tudi vodne habitate ter so pod vplivom onesnaževalcev v obeh vrstah habitatov. Tako nas lahko opozorijo na nevarne razmere v okolju, ki imajo lahko hude zdravstvene posledice za ljudi. V kraških kalih so našli dve skupini dvoživk: pupke in žabe. Največja morfološka razlika med obema skupinama je, da pupki rep ohranijo celo življenje, medtem ko ga žabe



Vzhodnoameriška gambuzija (Gambusia holbrooki)
(Foto: Patrik Krstinić)



Navadna krastača (Bufo bufo)
(Foto: Patrik Krstinić)

odvržejo tik pred koncem preobrazbe iz paglavca. Navadni ali mali pupek (*Lissotriton vulgaris*) je edina vrsta pupka, ki živi na otoku Krku. Čeprav zimo preživi v hibernaciji na kopnem, mali pupki na Krku zimo neredko preživijo v kalu. Največjo grožnjo za populacijo malih pupkov na otoku Krku predstavlja gambuzija, invazivna vrsta ribe, vnesena v kale zaradi nadzora populacije komarjev. Gambuzije so plenilci, ki se hranijo z jajčeci in ličinkami malih pupkov, a tudi z drugimi drobnimi organizmi v kalih, s čimer za hrano tekmujejo z odraslimi pupki. Med popisovanjem kalov na Krku smo opazili, da mali pupki prebivajo zgolj v kalih, kjer ni gambuzije.

Zaradi bogatega živega sveta in strukturiranosti habitatov se ob kalih pogosto zadržujejo plazilci. Med raziskovanjem herpetofavne v okviru projekta LOKNA v kalih in ob njih na zahodnem delu otoka Krka smo našli primorsko kuščarico (*Podarcis siculus*), belouško (*Natrix natrix*), črnico (*Hierophis carbonarius*) in želvo rumenovratko (*Trchemys scripta*). Posebej zanimiva je najdba kače črnice, ki je strogo zaščitena in je navedena kot pomembna za zaščito v direktivah o ohranjanju naravnih habitatov ter prostoživečih rastlinskih in živalskih vrst Evropske unije.

Ptice ob kalih

Do zdaj so se pri ornitoloških raziskavah na otoku Krku osredotočali predvsem na ornitološke rezervate ali na vodno in močvirnato območje Jezera pri Njivicah, izredno bogato s pticami, ter delno tudi na vodno akumulacijo Ponikve. V okviru tega projekta se je prvič začelo ornitološko raziskovanje malih kalov kot posebnega habitata na tem otoku, ki je z vidika ptic nenavadno raznolik in zanimiv. Z ornitološkimi raziskavami smo v okviru tega projekta na izbranih kalih odkrili 50 vrst ptic. Nekatere med njimi so zelo zanimive, na primer prekrasno obarvan vodomec (*Alcedo atthis*), ki kale obisku-



Siva čaplja (Ardea cinerea) (Foto: Marko Matešić)

je predvsem v hladnejšem delu leta, mokož (*Rallus aquaticus*), ki se običajno v paru zadržuje ob vsakem večjem kalu na otoku Krku, redka mala bela čaplja (*Egretta garzetta*), siva čaplja (*Ardea cinerea*) idr. Nekatere vrste ptic pevk se ob kalih redno zadržujejo. Med delom na projektu smo v hladnejšem delu leta opazili, da ima skoraj vsak kal »svojo« taščico (*Erithacus rubecula*), a tudi da na kal na napajališče redno priletijo male ptice pevke. Tam jih včasih pričaka »plenilski« skobec (*Accipiter nisus*).

Netopirji ob kalih

Netopirji (red *Chiroptera*) izkoriščjo raznolikost in bogastvo žuželk, ki letijo nad kali v somraku in ponoči. Nekateri netopirji so se celo specializirali za lov nad površino, na površini ali v okolici vodnih teles. Med opravljenimi raziskavami v okviru projekta LOKNA smo ugotovili do takrat še nezabeleženo vrsto netopirja na otoku Krku - poznega netopirja (*Eptesicus serotinus*). Razen poznega netopirja smo ob kalih evidentirali tudi velikega podkovnjaka (*Rhinolophus ferrumequinum*), belorobega netopirja (*Pipistrellus khulii*) in gozdnega mračnika (*Nyctalus leisleri*). Vse štiri vrste smo potrdili z ulovom v mreže, dodatno pa smo našli še vsaj šest vrst oz. skupin netopirjev, katerih glasovi so bili posneti z eholokacijo, s čimer se je potrdila njihova prisotnost v okolici raziskovanih kalov.

Ogroženost in zaščita kalov

Kali so vse do nedavnega bili izjemno pomembni za prebivalce kvarnerskih otokov, na nekaterih območjih, kjer so se uspeli obdržati, imajo ta pomen tudi danes. V kraški pokrajini brez vode so pomenili življenje vse do takrat, dokler niso uvedli tekoče vode in prešli na nove in enostavnejše oblike gospodarjenja. Te spremembe so narekovale zmanjšanje, včasih pa tudi popolno opustitev nekaterih tradicionalnih aktivnosti in podedovanih znanj v povezavi s kali. A v določenih predelih, predvsem na južnem delu otoka Krka, kjer še vedno ohranjajo tradicionalno ovčerejo, imajo kali še vedno prvotno funkcijo napajanja živine. Na drugih delih otoka, kjer so se bolj posvetili turizmu ali se nahajajo v bližini naselij, so kale pogosto zasuli ali pa so onesnaženi ali so izginili ob urbanizaciji in gradnji. Po drugi strani so kali, ki so jih lahko uporabili za zalivanje vrtov ali kot možen rezervoar vode za druge namene, ponekod tudi ohranili svojo izvorno funkcijo. Celo tiste kale, ki jih niso zasuli, nahajajo pa se na območjih, kjer ni več potrebe po napajanju živine, so pogosto zanemarjali in so propadli. V njih so prenehali čistiti nakopičen mulj in odstranjevati zaraslo vegetacijo, zato so se v procesih zaraščanja postopno spremenili v čvrsta tla. Takšnih primerov je na otoku Krku veliko. Razen tega je v nekaterih kalih glineno dno, ki ga niso več obnavljali, postalo propustno, zato se je voda iz njih izpraznila. Na živi svet kalov so pogosto vplivali ljudje. Še v začetku dvajsetega stoletja so bili kali rezervoarji malaričnih komarjev in vir okužb. Malarija je prizadela določene kraje otoka, zato so strokovnjaki za zatiranje malarije začeli upora-

bljati ribice gambuzije kot zelo učinkovito biološko metodo v boju proti komarjem. Na začetku dvajsetega stoletja je na otoku Krku v teh naporih prednjačil dr. Oto Trausmiler. V novejšem času je na podlagi spoznanj pionirjev biološkega boja proti komarjem (dr. Majnarića in dr. Trausmilerja) metodo vnosa gambuzije v mala vodna telesa, ki so vir komarjev, sistematično uporabljal Josip Kenk, sanitarni strokovnjak. Razen tega, da je s tem potrdil učinkovitost biološke metode v boju proti komarjem ob občutnem zmanjšanju uporabe kemičnih sredstev, potrebnih za zatiranje ličink komarjev, je pomen njegovega dela tudi v tem, da je bil prvi, ki je sistematično evidentiral vse lokacije in podatke o kalih ter drugih malih vodnih telesih na kvarnerskih otokih, v katera je vnesel gambuzije (vrsta kala, natančna lokacija, foto dokumentacija, skica kala, ali je vodno telo stalno ali občasno idr.), za nekatere kale pa je tudi zbral prve pomembnejše podatke o živem svetu.

Z vse večjo ozaveščenostjo o potrebi ohranjanja biotske raznovrstnosti se tudi vse bolj zavedamo, da je ohranjanje oz. vzdrževanje kalov ključnega pomena, a tudi, da ima lahko naseljevanje alohtonih organizmov, kot je agresivna in invazivna gambuzija, ali v novejšem času želve rdečevratke in rumenovratke, negativen vpliv na bogastvo in raznolikost avtohtonega otoškega živega sveta. Poleg tega so vsi večji in pomembnejši kali, ki jih je na otoku Krku v Prostorskem načrtu Primorsko-goranske županije vrisanih kar 317, predvideni za zaščito kot območja naravnih vrednot. Prepričani smo, da bodo tudi rezultati projekta LOKNA prispevali k prizadevanjem za ohranitev in zaščito kraških kalov na otoku Krku. Naša obveza je, da to naravno in kulturno bogastvo ohranimo za prihodnost. Ob koncu predstavljamo majhen primer, pri katerem smo se v projektu naučili, v kateri smeri bi morali svoja prizadevanja nadaljevati. Pri čiščenju nakopičenega mulja v Živem kalu smo se naučili, da je treba spoštovati tradicionalna znanja o postopku - čiščenje je nujno, ob tem je treba paziti, da ne prebijemo nepropustnega sloja gline. Žal v današnjem času specifična tradicionalna znanja o kalih vse hitreje utonejo v pozabo, saj je število ljudi s temi znanji vse manjše. Čezmejni projekt LOKNA je morda priložnost, da rešimo nekatera izmed teh znanj kot tudi, da ohranimo del materialne kulturne dediščine neposredno na terenu.



Delavnica za učence osnovne šole Vrh na kalu Menkova (Foto: Ivana Rogić)

Kali imajo izjemen izobraževalni potencial, šolarji lahko ob njih osvojijo prva znanja o življenju v vodi.



Barjanski mozaik (Foto: Oskar Karel Dolenc)

bljati ribice gambuzije kot zelo učinkovito biološko metodo v boju proti komarjem. Na začetku dvajsetega stoletja je na otoku Krku v teh naporih prednjačil dr. Oto Trausmiler. V novejšem času je na podlagi spoznanj pionirjev biološkega boja proti komarjem (dr. Majnarića in dr. Trausmilerja) metodo vnosa gambuzije v mala vodna telesa, ki so vir komarjev, sistematično uporabljal Josip Kenk, sanitarni strokovnjak. Razen tega, da je s tem potrdil učinkovitost biološke metode v boju proti komarjem ob občutnem zmanjšanju uporabe kemičnih sredstev, potrebnih za zatiranje ličink komarjev, je pomen njegovega dela tudi v tem, da je bil prvi, ki je sistematično evidentiral vse lokacije in podatke o kalih ter drugih malih vodnih telesih na kvarnerskih otokih, v katera je vnesel gambuzije (vrsta kala, natančna lokacija, foto dokumentacija, skica kala, ali je vodno telo stalno ali občasno idr.), za nekatere kale pa je tudi zbral prve pomembnejše podatke o živem svetu.

Z vse večjo ozaveščenostjo o potrebi ohranjanja biotske raznovrstnosti se tudi vse bolj zavedamo, da je ohranjanje oz. vzdrževanje kalov ključnega pomena, a tudi, da ima lahko naseljevanje alohtonih organizmov, kot je agresivna in invazivna gambuzija, ali v novejšem času želve rdečevratke in rumenovratke, negativen vpliv na bogastvo in raznolikost avtohtonega otoškega živega sveta. Poleg tega so vsi večji in pomembnejši kali, ki jih je na otoku Krku v Prostorskem načrtu Primorsko-goranske županije vrisanih kar 317, predvideni za zaščito kot območja naravnih vrednot. Prepričani smo, da bodo tudi rezultati projekta LOKNA prispevali k prizadevanjem za ohranitev in zaščito kraških kalov na otoku Krku. Naša obveza je, da to naravno in kulturno bogastvo ohranimo za prihodnost. Ob koncu predstavljamo majhen primer, pri katerem smo se v projektu naučili, v kateri smeri bi morali svoja prizadevanja nadaljevati. Pri čiščenju nakopičenega mulja v Živem kalu smo se naučili, da je treba spoštovati tradicionalna znanja o postopku - čiščenje je nujno, ob tem je treba paziti, da ne prebijemo nepropustnega sloja gline. Žal v današnjem času specifična tradicionalna znanja o kalih vse hitreje utonejo v pozabo, saj je število ljudi s temi znanji vse manjše. Čezmejni projekt LOKNA je morda priložnost, da rešimo nekatera izmed teh znanj kot tudi, da ohranimo del materialne kulturne dediščine neposredno na terenu.



Delavnica za učence osnovne šole Vrh na kalu Menkova (Foto: Ivana Rogić)

Kali imajo izjemen izobraževalni potencial, šolarji lahko ob njih osvojijo prva znanja o življenju v vodi.

Ljubljansko barje

Ljubljansko barje leži v osrednji Sloveniji, v najjužnejšem delu Ljubljanske kotline, in predstavlja največje slovensko mokrišče. Večina vode na Barju se zadržuje v tleh, v obdobju močnejšega jesenskega in pomladanskega deževja, pa poplavne vode zalijejo travnike, njive in včasih celo naselja.

Da bi lažje živel na poplavni ravnici, je človek barjansko pokrajino vztrajno spreminjal. Korenitejši posegi so se začeli v času vladavine Marije Terezije, ki je leta 1769 izdala dekret o izsušitvi in poselitvi Ljubljanskega barja. Po izgradnji Gruberjevega prekopa v Ljubljani se je Barje toliko osušilo, da so lahko zgradili Ižansko cesto in v letu 1830 začeli z naseljevanjem osrednjega dela Ljubljanskega barja. Na globokih, mehkih in mokrih tleh je bilo potrebno graditi na pilotih. Tudi kmetovanje na barjanski ravnici ni bilo enostavno. Da bi poplavne vode čim prej odtekle, so kmetje ob vsakem travniku, njivi in poljski poti izkopali izsuševalni



Barjanski okarček (Coenonympha oedippus)
(Foto: Rudi Verovnik)

jarek. Barjani so opazili, da zgornja plast barjanskih tal, šota, dobro gori. Sprva so jo kopali in sušili za ogrevanje svojih domov, sredi 19. stoletja pa so jo začeli izkopavati v večjih količinah. Kmetovanje na Barju je tako kmalu zamenjalo kopanje šote; posušeno so prodajali v Ljubljano in okolico za kurivo. Do konca 19. stoletja je bila izkopana večina šotne podlage v barjanskih tleh. Tako se je barjansko dno znižalo in voda se je vrnila na Ljubljansko barje, v posmeh stoletnim poskusom osušitve. Nekateri Barjani so se izselili v tujino, drugi so si poiskali zaposlitev v Ljubljani, tretji pa so se vrnili h kmetovanju. Večji del barjanske ravnice so kmetje namenili travnikom, na njivah pa so pridelali, kar so potrebovali zase. Med parcelami so sadili jelše, ki so zemljo sušile in ščitile pred močnimi vetrovi. Tako so ustvarili pisan barjanski mozaik travnikov, njiv in gozda, prepleten z jelševimi mejicami ter gosto vodno mrežo. S košnjo mokrotnih travnikov so kmetje preprečili zaraščanje površin z gozdom in omogočili naselitev izredno pestrega travniškega rastlinstva in živalstva. Z nastopom intenzivnega kmetovanja in urbanizacije pa človek vse bolj siromaši pisan barjanski mozaik in ogroža vir pitne vode ter kakovost tal. V želji po ohranitvi narave in pokrajine Ljubljanskega barja je bilo leta 2008 to območje zavarovano kot Krajinski park Ljubljansko barje.

Večina varstvenih ukrepov v parku je usmerjena na mokrotne travnike, saj je biotska pestrost le teh največja. Na njih najdemo



Močvirske logarice (Fritillaria meleagris)
(Foto: Simon Sirca)

mavrico rastlinskih vrst, ki so marsikje predvsem zaradi izsuševanja že izumrle: močvirske logarice (*Fritillaria meleagris*), munce (*Eriophorum* sp.), travniške orhideje... Pisane barve na travnikih dopolnjujeta cvrčanje žuželk in petje ptic. Čeprav pokriva barjanska ravnica komaj odstotek slovenskega ozemlja, gnezdi na njej **polovica vseh slovenskih vrst ptic**, še več pa jih na Ljubljanskem barju prezimuje ali počiva med selitvijo. Na travnikih, v mejicah in nizkem grmičevju lahko hitro opazimo ali slišimo najznačilnejše barjanske vrste ptic. Kosec (*Crex crex*), veliki škurh (*Numenius arquata*), prepelica (*Coturnix coturnix*), veliki skovik (*Otus scops*), repaljščica (*Saxicola rubetra*), kobiličar (*Locustella naevia*) in pepelasti lunj (*Circus cyaneus*) pa sodijo na sezname najbolj ogroženih v evropskem in svetovnem merilu, a jih na Ljubljanskem barju še lahko srečamo. Barjanska ravnica pestuje tudi **dvakrat več vrst metuljev kot celotno Britansko otočje**, skupaj blizu 90 vrst. Tu najdemo še zadnje številčno bolj zastopane populacije močvirskega debeloglavca (*Carcharodus flocciferus*), pojavlja pa se tudi barjanski okarček (*Coenonympha oedippus*).

Izredno pomemben življenjski prostor na Barju je tudi razvejena mreža odvodnih kanalov in jarkov. Ta predstavlja dom za živalske vrste, ki vsaj del svojega življenja preživijo v vodi ali ob njej: dvoživke, vodne ptice in kačje pastirje.

Na Ljubljanskem barju so zabeležili **okoli 50 vrst kačjih pastirjev**, kar je več kot polovica vseh vrst v Sloveniji. Ob jarkih in kanalih naletimo tudi na številne ogrožene vrste, kot so koščični škratec (*Coenagrion ornatum*), popotni porečnik (*Gomphus vulgatissimus*) in črni ploščec (*Libellula fulva*). V pomladnih nočeh tod odmeva regljanje zelenih reg (*Hyla arborea*). Preplet različnih tekočih in stoječih voda je izjemno pomemben za številne dvoživke: hribski urh (*Bombina variegata*), veliki pupek (*Triturus carnifex*) in zelena krastača (*Bufo viridis*). **Na barjanski ravnici najdemo 70 odstotkov vseh vrst dvoživk, ki živijo v Sloveniji.**

Mokra tla in vodotoki na Barju varujejo izjemno kulturno dediščino. V strugi reke Ljubljanice so arheologi odkrili **40 tisoč let staro leseno puščično ost**, izredno dobro ohranjene srednjeveške meče, preko 15 metrov dolg rimski čoln...

Do danes so na Barju našli ostanke 43 kolišč, izmed katerih sta **dve skupini kolišč pri Igu** umeščeni na **UNESCO Seznam svetovne kulturne dediščine**. Med koliščarskimi najdbami na Barju še posebej izstopa ostanek koliščarskega voza, **najstarejše leseno kolo z osjo na svetu**, staro okoli 5150 let.

Barje pa ni le zakladnica biotske pestrosti in kulturne dediščine. Obširna barjanska ravnica deluje kot zadrževalnik poplavnih voda, globoka in kompleksna barjanska tla pa v kombinaciji z močvirskimi rastlinami kot naravna čistilna naprava. Vlaga v tleh hladi ozračje, tako je na Barju vedno za stopinjo do dve hladneje kot na obrobju. Nenazadnje pa Ljubljansko barje človeku predstavlja tudi vir hrane in pitne vode.



Parjenje plavčkov (Rana arvalis)
(Foto: Davorin Tome)

Voda - glavni element Ljubljanskega barja

Ob omembi Ljubljanskega barja največkrat pomislimo na reko Ljubljanico, poplave in meglo. Gre za različne oblike voda, ki opredeljujejo ta prostor že od nekdaj. Reka Ljubljanica je od rimskih časov dalje pomenila glavno prometno žilo med Nauportusom (Vrhniko) in Emono (Ljubljano). Poplave so belile glavo že cesarici Mariji Tereziji, ki si je zaželela na Barju žitnico za svojo številno vojsko. Barjanske megle pa se niso uspeli ubraniti niti ključarji srednjeveške Ljubljane. Kvalitetno bivanje na in ob Ljubljanskem barju zahteva dobro poznavanje naravnih zakonitosti tega prostora, ki ga najbolj opredeljuje voda. Na Ljubljanskem barju se ta pojavlja v treh oblikah: kot površinska voda, kot podzemna voda ter kot voda v zraku.

Če se jeseni ali pozimi povzpnemo na katerega od gričev na obrobju Barja, bomo pod sabo pogosto uzrli morje megle. Spomladi



Stara struga reke Ljubljanice se ob močnejšem deževju napolni (Foto: Davorin Tome)

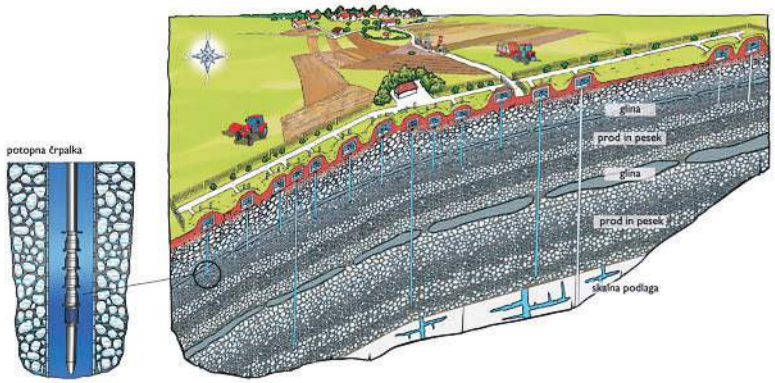
gosto **meglo** zamenjajo vilinske **meglice**, ki kot spretne plesalke lebdijo tik nad tlemi.

Skozi celo leto lahko opazujemo površinske vode Ljubljanskega barja. Vse tja od Vrhnike pa do Ljubljane se leno spušča glavni barjanski vodotok, **reka Ljubljanica**. Napaja se iz bogatega zaledja Notranjske (Cerkniško polje/jezero in Planinsko polje) in **številnih pritokov na Barju** (Mala in Velika Ljubljanica, Bistra, Borovniščica, Iška, Ižica, Gradaščica, Mali Graben...). Izredno gosta je tudi **mreža umetno izkopanih izsuševalnih kanalov in jarkov**, ki meri v skupno dolžino kar okoli pet tisoč kilometrov. V osrednjem delu barjanske ravnice, na osamelcu Kostanjevica, **leži manjše močvirje in ostanek prehodnega barja**, naravni rezervat Mali plac. Na severovzhodnem delu Barja pri Viču leži **poplavni gozd**, dom številnih dvoživk. Na manjše stoječe vode naletimo tudi na obrobju Ljubljanskega barja. Pri Vrhniki in Igu najdemo več ribnikov, nekdanjih glinokopov, kjer domujejo številne vrste rib, vodne ptice in želve. Pri Podpeči leži **kraško jezero**, ki z globino 51 metrov predstavlja najgloblje slovensko jezero.

Za razliko od površinskih voda, ki predstavljajo le en odstotek površine Krajinskega parka Ljubljansko barje, se podzemne vode nahajajo pod celotno površino barjanske ravnice. Podzemna voda se preliva na površje na stiku različnih plasti, v številnih naravnih izvirih (barjanskih oknih). Zajeta je tudi s številnimi vrtinami, izdelanimi



Reka Ljubljanica se leno vije čez Ljubljansko barje
(Foto: Oskar Dolenc)



Ilustracija prereza tal na vršaju reke Iške, kjer leži vodarna Brest (Ilustracija: Marijan Pečar)

za potrebe črpanja pitne vode. Na kraškem robu Ljubljanskega barja, vse tja od Vrhnike pa do Iga, se nahajajo številni **kraški izviri**. Najbolj znani so izviri reke Ljubljanice med Vrhniko in Bistro. Precej manj znani pa so izviri, ki se nahajajo na obrobju vršajev, prodnih nanosov rek. Hidrogeologi so največ **vršajnih izvirov** našteli na obrobju vršaja reke Iške. Prodni nanosi Iške segajo tudi več deset metrov v globino, kjer se nahajajo **velike zaloge pitne vode**, ki jo črpajo v vodarni Brest.

Površinske in podzemne vode Ljubljanskega barja združijo svoje moči v času obilnejših in dolgotrajnejših jesenskih in pomladanskih padavin. Vodotoki prestopijo bregove svojih strug in na Barju nastopijo poplave.

V času **vsakoletnih poplav** vode zalijejo okoli 15 % površine, v času **izrednih poplav** pa tudi preko polovice površine Ljubljanskega barja. Takrat barjanska ravnica dobi podobo nekdanjega koliščarskega jezera.

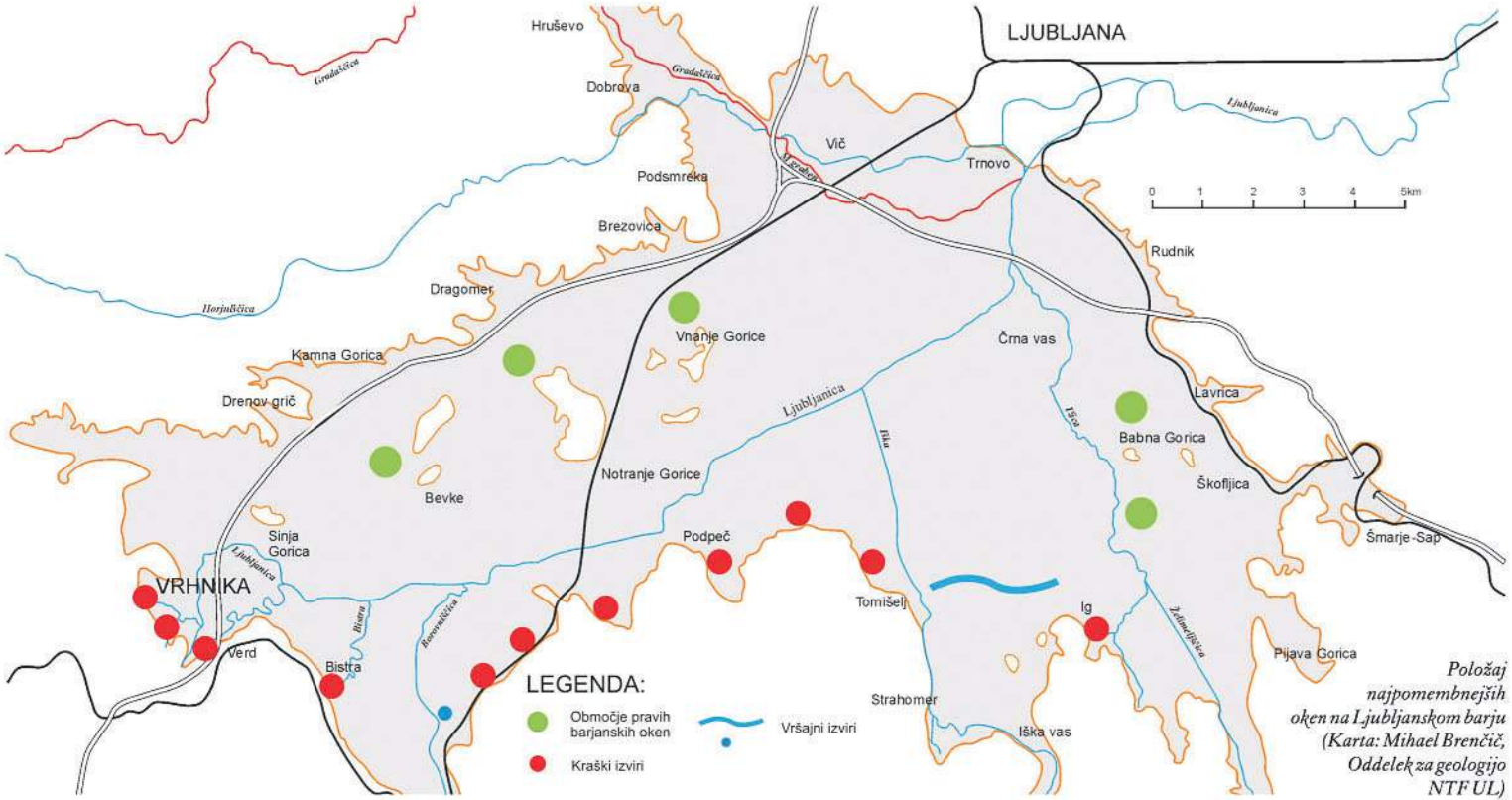


Ribnik v Dragi pri Igu (Foto: Dejan Veranič)

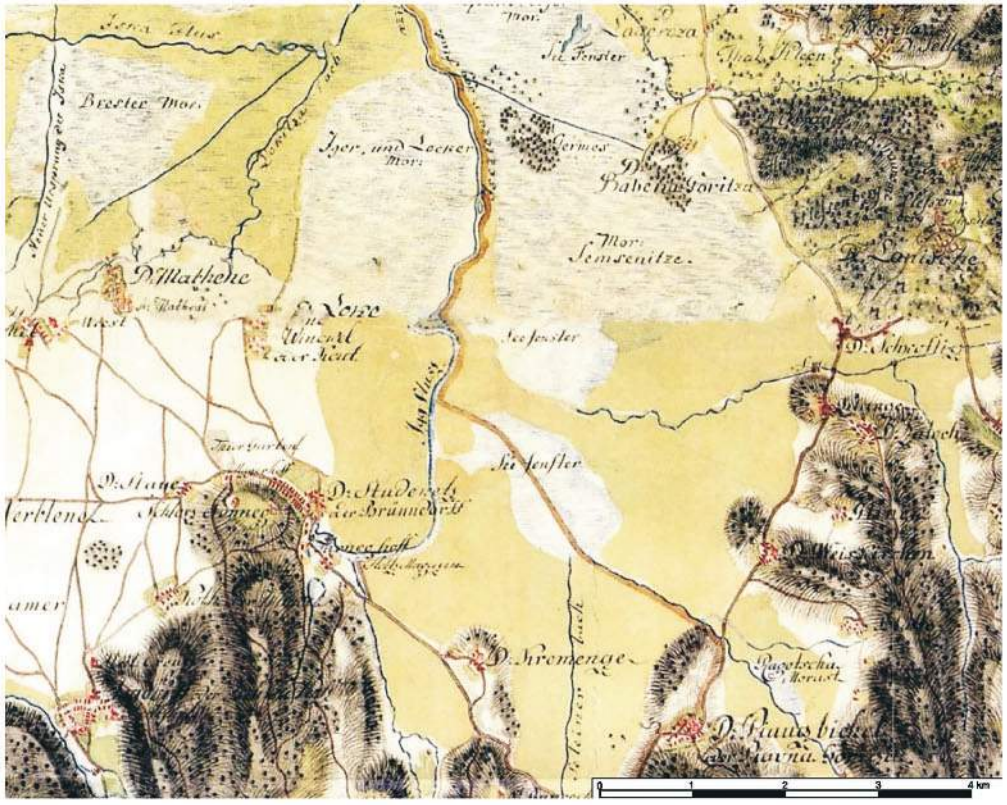


Reka Iščica (Foto: Branko Čeak)

Barjanska okna



Položaj najpomembnejših oken na Ljubljanskem barju (Karta: Mihael Brenčič, Oddelek za geologijo NTF UL)



Položaj vzhodnih barjanskih oken (Seefenster) na Jožefinski vojaški karti

Barjanska okna - edinstven vodni pojav

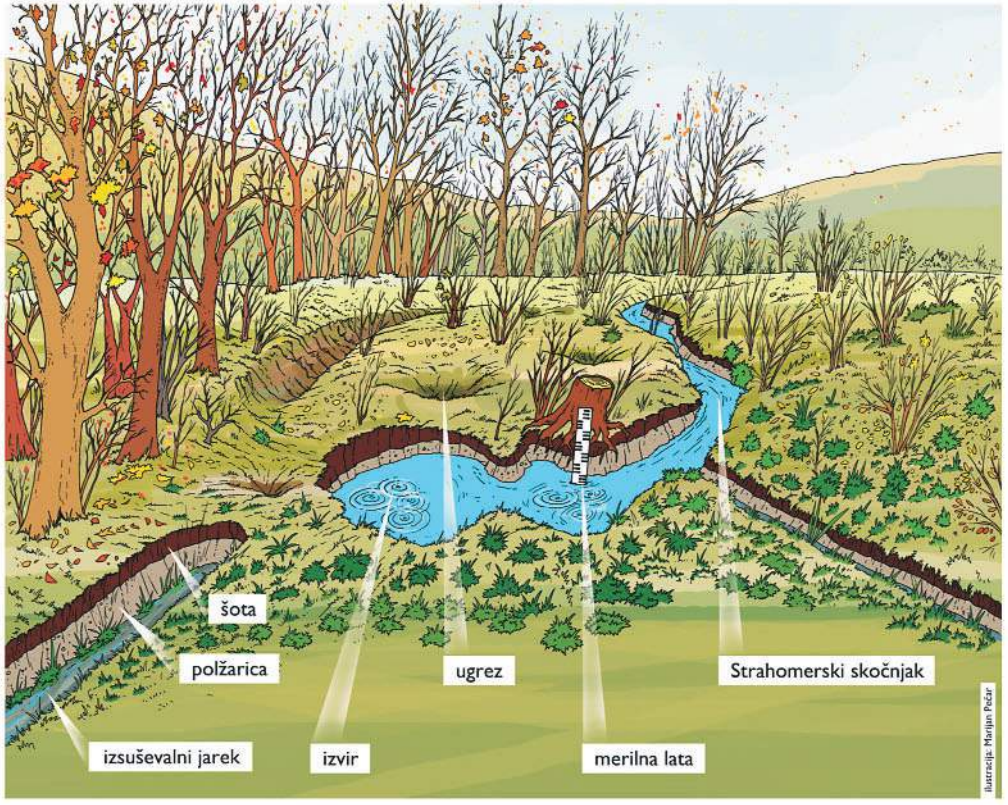
Barjanska okna so laično ime za vse izvire in manjše vodne površine na območju Barja in na njegovem obrobju. Pregled pisnih virov, pripovedovanja domačinov in popis barjanskih oken na Ljubljanskem barju v sklopu projekta LOKNA kažejo na to, da gre za zelo raznovrsten vodni pojav.

Raznolikost zasledimo tako v poimenovanju kot v tipologiji pojava. Med terenskim zbiranjem podatkov o barjanskih oknih med domačini na Barju smo zasledili različna poimenovanja: izviri, okna, tolmuni in retja. Nekatera okna so domačini poimenovali po lastnikih parcel, na katerih ležijo izviri (Urhovo okno po Urhovih), druga pa po vrsti rastja okoli izvirov (Jelšnik po jelšah). Hidrogeologi pa so barjanska okna ločili glede na območje, ker se pojavljajo in sicer na:

- prava barjanska okna na visokem barju
- vršajna okna in izvire na robu vršajev, nanosov prodonosnih rek in barja
- kraške izvire na kraškem robu Ljubljanskega barja.

Prava barjanska okna so odprte vodne površine, ki se nahajajo na visokem barju. Tako kot pravega visokega barja danes na Barju ni več, tudi pravih barjanskih oken na tem območju danes ne bomo več našli. Izginila so skupaj z visoko vodo, ki je odtekla po prvih večjih izsuševalnih delih. Mesta njihovega pojavljanja lahko razberemo iz Jožefinskih vojaških topografskih kart prve izmere za Srednjo Avstrijo, ki so bile za Barje opravljene v letih 1784 in 1785. V razlagi, ki je nastala istočasno s kartami, je za območje Notranjih Goric zapisano: *»Odprte vode, ki so imenovane jezerska okna, so skoraj nedostopne.«*

Vršajni izviri in okna se nahajajo na robu vršajev, nanosov prodonosnih rek. Največja pestrost in številčnost obravnavanih vodnih pojavov se nahaja na meji vršaja reke Iške. V



Barjanska okna

sklopu popisa so jih hidrogeologi našli kar 53, večina se pojavlja v skupinah ali rojih, kot na primer Strahomerski roj. Glede na dotok vode ločimo plitvi in globoki tip vršajnih oken in izvirov.

Plitvi vršajni izviri so vezani na stik med slabše prepustnimi barjanskimi nanosi (glina, melj, droben pesek) in bolje prepustnimi nanosi prodonosnih rek (prod in pesek), kjer prihaja na površino voda iz zgornjega dela vodonosnika. Za te izvire je značilno nihanje gladine vode in temperature. Največja skupina plitvih vršajnih izvirov se nahaja pri Iški Loki, kjer so hidrogeologi opredelili dva večja roja: Mareke in izvire Lošce. Starejši domačini iz Iške Loke pripovedujejo, da so se še kot otroci drsali na teh izvirih. Danes so nekateri že povsem presahnili, drugi pa bolj kot na okna spominjajo na večje luže.

Plitva vršajna okna se od izvirov ločijo po tem, da nimajo naravnega odtoka in zato so navadno tudi večja od vršajnih izvirov. Na meji vršaja reke Borovniščice je Anžutovo retje, ki z obsegom 20 m x 16 m sodi med največja popisana barjanska okna.

Panorama vršajnih oken/izvirov (Ilustracija: Marijan Pečar)

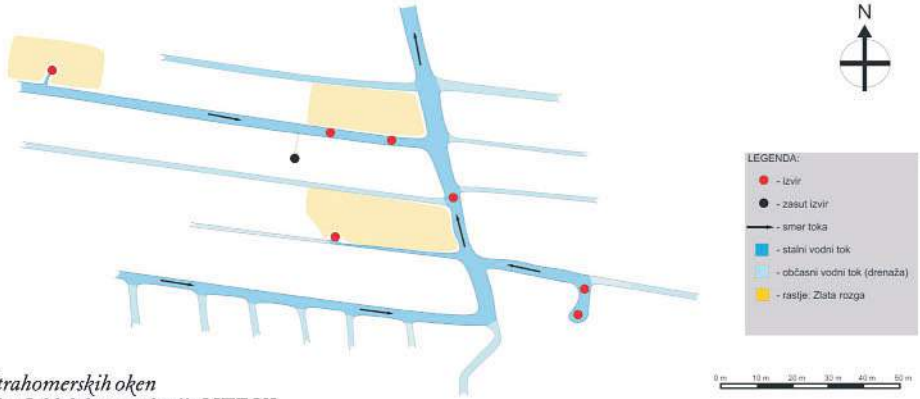


Plitva izvira pri Iški Loki danes spominjata na malo večji luži (Foto: Maša Bratina)



Anžutovo retje pri Borovnici (Foto: Barbara Zupanc)

Globoki vršajni izviri se napajajo z vodo iz spodnjega dela vodonosnika, kjer voda na površino prihaja skozi kanale. Ker voda prihaja na površino pod pritiskom, na poti iz spodnjega dela vodonosnika do površine spira različne plasti barjanskih tal: polžarico in šoto. Polžarica je plast svetlo sive gline, ki se nahaja pod šotno plastjo, in je spremenljive debeline. Gre za jezersko usedlino, ki jo zaradi številnih polžjih hišic imenujemo polžarica. Skupaj z vodo tako prihajajo na plan drobni delci gline, koščki rjave šote in belih polžjih hišic. Za razliko od plitvih vršajnih izvirov je temperatura v globokih izvirih stalna skozi vse leto. Največji skupini globokih vršajnih izvirov se nahajata med Brestom in Podkrajem: roj izvirov Jevšnik in roj Strahomerskih izvirov.



Shema Strahomerskih oken
Ilustracija: Oddelek za geologijo NTF UL



V globokih vršajnih izvirih je viden kanal
(Foto: Dejan Veranič)

Pomen barjanskih oken nekoč in danes

Da so okna na Ljubljanskem barju izjemen pojav, pričajo številne omembe v literaturi, vse od 17. stoletja dalje. Najstarejše omembe barjanskih oken najdemo pri polihistorju Janezu Vajkardu Valvazorju (1689) v Slavi vojvodine Kranjske: »*... je med Ljubljano, Igom in Vrhniko še dosti takih nadvse globokih mlak ali lukenj, ki so polne vode. Običajno jim pravijo okna. Tem nobeden ne more izmeriti globin, to pa kaže na to, da so te majhne mlake ali luknje spodaj prepustne in segajo do žrela globoko v zemlji skritega kanala ali bolje, da od tega segajo navzgor. V mnogih od njih se zadržuje veliko lepih rib.*«

V času pred večjimi izsuševalnimi deli je bilo Ljubljansko barje povsem drugačno kot danes. Prekrivalo ga je visoko barje, ki je bilo zelo težko prehodno, saj na tem območju ni bilo utrjenih poti. V tako pokrajino so si upali le ribiči in lovci, pa še ti so morali biti zelo previdni, da niso padli v barjanska okna, kar je v podrobni naravoslovni študiji Ljubljanskega barja leta 1886 slikovito opisal Ivan Šubic:

»*Pri lovu pa je bilo treba veliko previdnosti in spretnosti. Časih se je noga pogreznila in možje so morali drug druzega vleči iz grezi in blata. Pri vsakem koraku se je površje treslo.*

Posebno nevarna pa so bila barjanska okna ali vretja (Seefenster). Tako so nazivljali vodoshrambe, ki so bile časih odprte, časih pa goljufivo pokrite s tenko skorjo mahov in šašov. Gorjé samotnemu človeku, ki je zašel tja! Izginil je brez sledu v oknu. Še potem, ko je izsuševanje uže napredovalo, so delavci na polji čestokrat zadeli na pokrita okna. Potisnili so žrd skozi debelo skorjo, ali malokdaj so prišli do dna. Znana vretja so bila pri Lavrici, pri Loki, Plešivici, Kostanjevici, pri Bevkah in dr. Z napredovanjem izsuševanja se je barsko lice naglo spreminjalo.«

Po večjih izsuševalnih delih na Ljubljanskem barju so visoko barje zamenjali travniki in sčasoma tudi njive ter naselja. Starejši domačini iz Podkraja pripovedujejo, da so se kot pastirji bali, da jim v barjansko okno ne bi padla živina na paši. Le najbolj vztrajni, močni in ustrezno opremljeni z vrvmi so žival namreč uspeli izvleči iz okna. Kmetovalcem so barjanska okna predstavljala kos neuporabne zemlje, ki so jo zato velikokrat zasuli, ali pa tok vode iz barjanskih oken

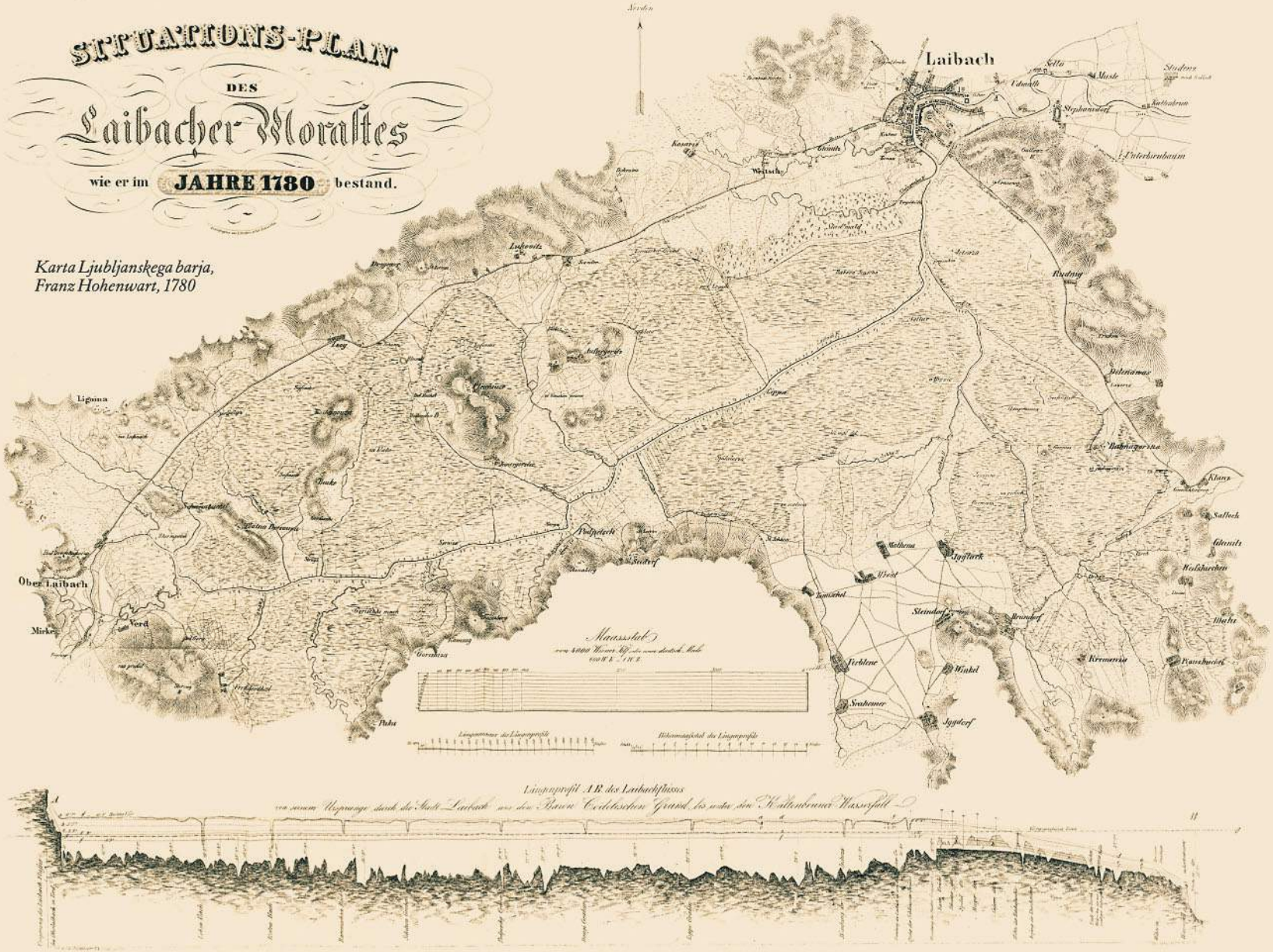


Merilna lata v Strahomerskih oken (Foto: Anton Žvanut)

preusmerili v bližnje kanale.

Po drugi strani pa domačini tudi povedo, da so vodo iz barjanskih oken uporabljali kot pitno vodo in vodo za pomivanje posode ter oblačil, vse dokler ni bil do njihovih hiš speljan vodovod. Domačini iz Iške Loke pripovedujejo, da so jim barjanska okna, kot otrokom, predstavljala prostor za igro in zabavo, saj so se pozimi na njih drsali, v toplejšem delu leta pa so v oknih lovili ribe in rake.

Tudi dandanes se še zgodi, da kdo pade v barjansko okno. Kmetje večja okna še vedno radi ogradijo, in s tem zavarujejo živino, da ne bi zašla v nevarnost. Prav tako se še dogaja, da barjanska okna in izvire zasipavajo. Pri plitvem tipu barjanskih oken in izvirov ti pojavi sčasoma presahnejo. Pri globokih izvirih in oknih pa se tok vode samo preusmeri, tako se novo okno ali izvir kmalu pojavi nekje v bližini nasutja. Pozornejši pogled na zasuta barjanska okna razkrije, da se na vseh nasutih območjih razraščata invazivna kanadska (*Solidago canadensis*) in orjaška zlata rozga (*Solidago gigantea*), ki tvorita goste sestoje, ki se hitro širijo na bližnje njive in travnike. Na prvi pogled precej manj opazna, a zato toliko bolj nevarna pa so fitofarmacevtska sredstva, ki se uporabljajo v intenzivnem kmetijstvu in pronicajo v tla, kjer se nahajajo viri pitne vode. Domačini pripovedujejo, da si, odkar se na Barju intenzivno goji koruza, ne upajo več piti vode iz barjanskih oken. Najbolj strupena fitofarmacevtska sredstva so že nekaj let prepovedana, a doba razpadanja le-teh v naravi



Karta Ljubljanskega barja,
Franz Hohenwart, 1780

je izredno dolga.

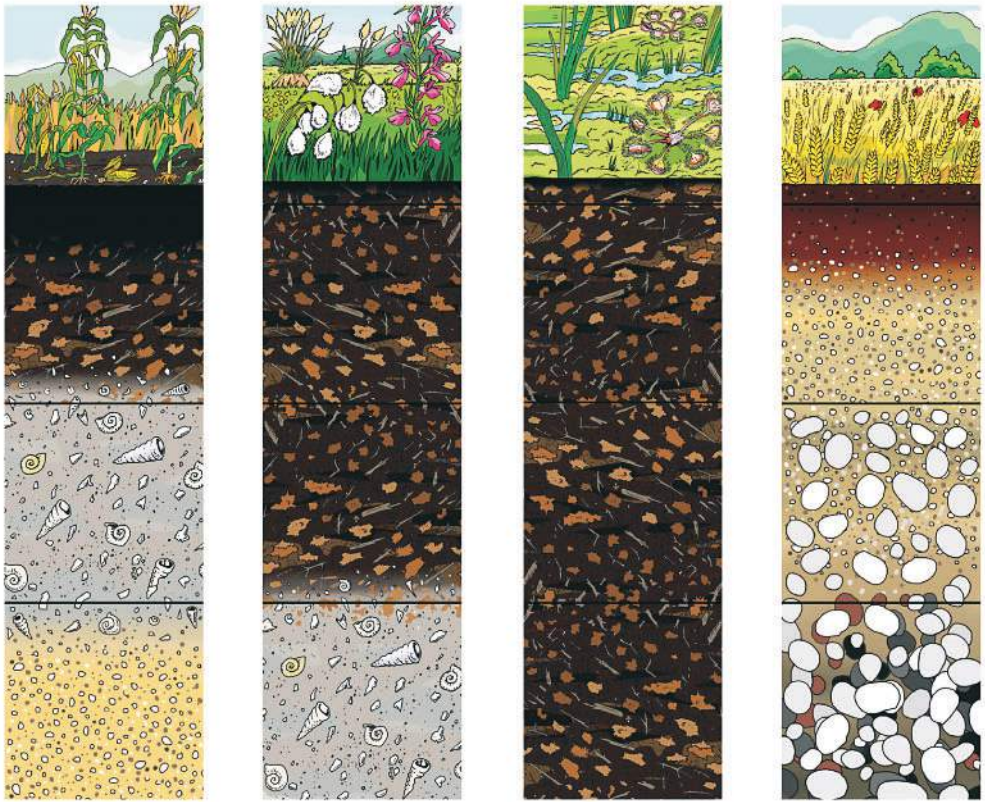
Številni Barjani se zavedajo, da predstavljajo barjanska okna precej več kot le neuporabno luknjo. Gospod Jože Krašovec iz Podkraja, dolgoletni prostovoljni gasilec, poudarja, da so barjanska okna izredno pomembna v poletnem času, ko se na Barju vžge šota. Takrat so najbližji vir vode za gašenje barjanska okna. Mikrobiolog dr. Janez Hacin opozarja na pomen barjanskih oken za namakanje travnikov in njiv v sušnem obdobju, kar bi lahko dosegli z regulirano zajezitvijo kanalov, v katere se izteka voda iz barjanskih oken.

Barjanska okna so tudi pomemben kazalec stanja podzemne vode. Meritve nivoja talne vode v barjanskih oknih se izvajajo že od leta 1967 dalje. Številni domačini na Barju so ponosni, da v njihovi bližini ležijo tako edinstveni vodni pojavi in jih želijo predstaviti širši javnosti. V Tomišlju je bilo tako ustanovljeno Kulturno društvo Izviri Tomišelj, ki je leta 2010 za obiskovalce uredilo vršajna okna Jevšnik.

Učna pot o barjanskih oknih

Ena od aktivnosti v sklopu projekta LOKNA je tudi ureditev učne poti o barjanskih oknih na Ljubljanskem barju. Krajinski park Ljubljansko barje pri urejanju učne poti sodeluje z domačini, predstavniki Zavoda Republike Slovenije za varstvo narave in s hidrogeologom dr. Mihom Brenčičem. Pri izboru poti je park upošteval, da se čim manj posega v neutrjen del Barja in da se čim bolj izkoristi že obstoječe poti. Izhodišče učne poti je tako v bližini glavne ceste v Podkraju, na kraškem robu Ljubljanskega barja. Tik ob uvodni informativni tabli teče potok Šentjanž, ki prihaja na dan v kraškem izviru pod cerkvico sv. Janeza Krstnika. Iz asfaltne poti preide pot iz naselja v poljsko pot, ki vodi do Strahomerskih oken. Ob oknih je lesen podest z ograjo za varen ogled globokih izvirov. Na podestu sta informativni tabli s slikovitimi ilustracijami, preko katerih obiskovalci odkrivajo pojav barjanskih oken na celotnem Ljubljanskem barju, na Iškem vršaju in v roju Strahomerskih oken. Ključno za razumevanje barjanskih oken je poznavanje različne sestave tal na vršaju in Barju, kar ponazarjata dva stebra ob informativnih tablah. Na ograji podesta so kocke, ki se sestavijo v tipe tal na Barju, v razvojne stopnje na vodo vezanih živali ter v Barje v štirih letnih časih. S temi interpretacijskimi orodji je spoznavanje narave zanimivo tudi za najmlajše obiskovalce. Od Strahomerskih oken se pot nadaljuje do kanala Jevšnik, v katerega se stekajo vode iz roja izvirov Jevšnik. Na bližnji informativni tabli je predstavljen pomen barjanskih oken za človeka nekoč in danes.

Celotna pot je dolga okoli 2 kilometra in najbolj primerno je, da se po njej odpravimo peš. Skupaj s postanki ob poti bomo v eno smer potrebovali okoli 1 uro. Če želimo, lahko nadaljujemo z obiskom učne poti ob reki Iški in Koščeve učne poti v neposredni bližini. V tem primeru lahko dodamo še kakšno uro. Pot je dosegljiva tudi z javnim potniškim prometom. Z mestnim avtobusom Ljubljanskega potniškega prometa šte-



Sestava tal na Ljubljanskem barju:
1. Ljubljansko barje danes, 2. nizko barje,
3. visoko barje, 4. Iški vršaj,
Ilustracija: Marijan Pečar

vilka 19b se lahko pripeljemo do Lip, od koder se sprehodimo 1,5 km ob reki Iški po učni poti Okljuk, nato pa zavijemo desno na Pot barjanska okna.

Delavnice o barjanskih oknih

Še tako lično urejene učne poti ne bodo pomagale ohraniti barjanskih oken, če domačini ne bodo prepoznali teh pojavov kot pomembnih naravnih vrednot. Prvi korak k širšemu razumevanju barjanskih oken med domačini so bile delavnice, ki jih je Krajinski park Ljubljansko barje izvedel na osnovnih šolah na Igu in v Borovnici. V uvodnem delu so učenci odkrivali zemeljsko zgodovino Ljubljanskega barja in osnovne plasti tal, ki danes sestavljajo Barje: prod in pesek, glino in šoto. Spoznali so tudi različne tipe vodonosnikov: razpoklinski, kraški, arteški, subarteški in aluvialni. V praktičnem delu

Barjanska okna



Testiranje modela barjanskih in nebarjanskih tal (Foto: Anton Žvanut)

so učenci sami sestavili vsak svoj model vodonosnika, ki so ga na koncu vsi skupaj preizkusili. Pri modelu arteškega vodonosnika so spoznavali, kako deluje vršajno barjansko okno.

Učenci so zelo lepo sodelovali na delavnicah, o čemer pričajo tudi spodnji utrinki:

»Projekt barjanska okna mi je bil všeč, saj sem se naučila veliko novega o Ljubljanskem barju. Najbolj zabavno pa je bilo, ko smo po skupinah imeli delavnice. Tako smo lahko na lastne oči videli, kaj se dogaja z Barjem.«

Katja Potočnik, Osnovna šola Ig

»Bilo mi je super. Veliko sem se naučila. Z veseljem sem poslušala, saj me je zanimalo. Še enkrat bi ponovila, če bi bilo. Zdaj vem, kaj je vodonosnik.«

Karmen Centa, Osnovna šola dr. Ivana Korošca Borovnica

»V ponedeljek 16. novembra smo imeli delavnice na temo barjanska okna. Izvedeli smo, kaj so barjanska okna in kako nastanejo. Spoznali smo tudi nekaj drugih barjanskih značilnosti in se vrnili 2 milijona let nazaj v zgodovino. Spoznali smo, kako je Barje sploh nastajalo. Meni je bilo najbolj všeč na koncu, ko smo z različnimi materiali še sami izdelovali modele.«

Zala Kramar, Osnovna šola Ig

»Predavanje je bilo poučno, veliko novega smo izvedeli o pokrajini, v kateri živimo. Najbolj mi je bil všeč drugi del, ko smo sestavljali modele.«



Testiranje prodnega-aluvialnega vodonosnika (Foto: Anton Žvanut)

Tadej Tinta, Osnovna šola dr. Ivana Korošca Borovnica

Pogled skozi barjanska okna - pogled v prihodnost

Ljubljansko barje je izredno zapletena pokrajina, ki skriva svoje bistvo pod površjem. Globoka tla, sestavljena iz različnih plasti in podzemna voda ustvarjajo edinstvene ra-

zmere. Vsakoletne poplave in mehka barjanska tla niso odvrnila človeka od gradnje hiš, cest, železnic in od kmetovanja na barjanski ravnici. A vsak tak poseg mora biti izredno premišljen, če želimo, da bo tudi uspešen. Hiše na Barju je potrebno graditi na pilotih, za ceste je potrebno zgraditi predobremenilne nasipe, za železnico pa nasuti cele skladovnice skal in kamenja. Kmetje na Barju vedo, da vsaka kulturna rastlina ne bo uspevala na barjanskih tleh. Vedo tudi, da je treba budno spremljati poplave in preudarno oceniti, na katera območja je smiselno saditi. Poleg tega, kaj se sadi na Barju, je pomembno tudi, kako se kulturne rastline goji in s kakšnimi pripravki se jih škropi. Izrednega pomena za človeka na in ob Barju je vir pitne vode, ki je shranjen v vršajnih tleh. A ta vir ni neomejen. Tako domačini kot strokovnjaki opozarjajo, da se višina podtalne vode niža. Hkrati domačini povedo, da odkar se na Barju intenzivno goji koruzo, si več ne upajo piti vode iz barjanskih oken. Višino podtalne vode in kvaliteto le te v barjanskih tleh lahko opazujemo v barjanskih oknih.



Za celovit pogled na barjanska okna je potrebno stalno spremljanje pojava (Foto: Dejan Veranič)

Spreminjanje in izginjanje barjanskih oken je proces, ki ga ne moremo zaustaviti, lahko pa ga proučujemo in s tem bolje razumemo. Za celovit pogled na barjanska okna je potrebno stalno spremljanje pojava in dodatne raziskave, ki bodo pokazale natančnejše vzroke in načine nastanka barjanskih oken. Boljše razumevanje pojava bo privedlo tudi do boljšega odnosa do teh pojavov. Izredno pomembne so zato aktivnosti obveščanja o barjanskih oknih. Že izvedene delavnice na nekaterih barjanskih šolah in med odraslimi domačini so pokazale, da je zanimanje za te pojave veliko. Glavna ciljna skupina pri aktivnostih stalnega obveščanja pa morajo biti tudi lastniki parcel z barjanskimi okni. Največji varuhi barjanskih oken so lahko tisti lastniki parcel z barjanskimi okni, ki te pojave dobro razumejo in jih zato tudi cenijo. Stalno spremljanje barjanskih oken kot pojava v celoti, znanstvene raziskave in redno osveščeni domačini odpirajo poti tudi k trajnostnemu turizmu. Ljudje se vse bolj zavedamo, da je pitna voda neprecenljiv zaklad, ki ga je potrebno varovati. Bolj ko bomo razumeli, kje so viri pitne vode in kako naše aktivnosti vplivajo na kakovost vira pitne vode, bolj ga bomo znali varovati. Pogled skozi barjanska okna nam odstira pogled v podzemno vodo. Pogled skozi barjanska okna od zgodovine do danes pa nam odstira pogled na vplive človekovih aktivnosti v zaloge in kvaliteto podzemne vode. Vredno se je potruditi, da ohranimo barjanska okna, s tem bomo ohranili pogled v svojo prihodnost.



Misučajnica Pond
(Photo: Patrik Krstinić)

Introduction

The cross-border project entitled 'Preservation and promotion of water biotopes - ponds and marsh springs for the future', which has the acronym LOKNA, has been implemented since 2015. The leading partner is the Priroda Public Institution, and the project partners are the Town of Krk, the Ljubljana Marsh Nature Park, and the Slovenian Geodetic Institute. The aim of the project is the preservation and revitalisation of small water biotopes, primarily drying and permanent karst ponds on the island of Krk (Croatia) and the marsh springs in the area known as Ljubljana Marsh (Slovenia). As far as the Croatian part is concerned, the project has so far included scientific research on the wildlife in three ponds in the western part of the island of Krk, focusing on flora, dragonflies, bats, birds, amphibians and reptiles. It has also included a workshop for children, and cleaning and revitalising in the traditional way a pond in the Poljica area which in the past was used as a source of water by the local inhabitants. It is also planned to find, list and explore the main characteristics of a further 60 ponds of interest on the island of Krk, which should be as diverse as possible. These would be only some of the most representative of a total of approximately three hundred ponds that have been preserved on the island of Krk, which is sometimes called the 'Golden Island' and is rich in natural heritage. The objective of these endeavours is to create a comprehensive online database in order to preserve at least some of the knowledge about ponds for the future. The project also includes establishing a 'Ponds Educational Trail' and publishing a tourist-educational excursion map.



Water quality parameters measurement (Photo: Patrik Krstinić)

The joint objectives and tasks of the Slovenian and Croatian project partners include:

- the geolocation of 70 water biotopes (60 ponds on the island of Krk and 10 water biotopes in Ljubljana Marsh)
- carrying out scientific research on water biotopes
- organising educational workshops and field trips for elementary school pupils
- organising an exhibition of photographs of water biotopes
- printing promotional and educational materials
- designing and laying out two educational trails that connect water biotopes
- creating an interactive website with access to water biotope maps
- organising conferences and media promotion of the project and important natural heritage
- raising public awareness about the significance of biological diversity
- emphasising the importance of natural heritage.

The karst ponds on the Kvarner islands are locally important freshwater and/or brackish habitats. It is estimated that there are several hundred more significant ponds on the Kvarner islands. If we try to assess their overall role in preserving biological diversity, for example for the entire Kvarner area, then their cumulative importance is at least at a regional level. This is because ponds in a certain way enable wildlife to communicate (in conservational biology, ponds can be characterised as 'stepping stone' habitats). In addition, they connect isolated and separated populations and provide feeding places during migrations, and so on.

All karst ponds, including smaller ones, are distinguished, among other things, by their great biological productivity, extraordinary biological and landscape diversity, complex biogeochemical cycles, interconnected substance cycles, and the ability to clean up various pollutants. There are several types of pond, including those that dry up, those that hold water only a few weeks



Goldfinch (Cardelius cardelius) at watering place (Photo: Andrej Radalj)

or months in the year, and permanent ones that can be small or large in size. In addition, ponds can be of natural or anthropogenic origin, filled with fresh or brackish water, and can be used as a source of drinking water for people or animals.

The relative richness of the aquatic vegetation, whose growth depends on the depth of the water and its distance from the bank, supports a variety of animal life. The most prominent are amphibians. There is a particularly numerous species of frog (*Pelophylax* sp.) that is very loud in the breeding season. The world of water insects is also varied. The aquatic beetles that swim in the water column between the stems and leaves of aquatic plants are particularly noticeable. The areas surrounding the ponds are enlivened by both daytime and nocturnal flying species, such as numerous dragonflies, birds and bats.

The history of the ponds on the island of Krk

Ponds are by definition small marshes. They come in different types and can be of natural or anthropogenic origin. Ponds are characterised by the permanent or temporary stagnation of rainwater, and sometimes by a flow of spring water. Their emergence on the island of Krk has to do with the development of the relief, but even more so with human activity throughout history.

As far as karst ponds on the island of Krk are concerned, their origin in most cases has





Pond in Sečovlje area
(Photo: Patrik Krstinić)

to do with human intervention in the landscape. The rudimentary method of building anthropogenic ponds can be traced back to the Bronze Age. This was a time when humans learned how to process milk into cheese, which resulted in an increased number of livestock that required watering. Another probable cause was intense deforestation (cutting down trees) for the purpose of creating pasture. It can be assumed that the loss of the former lush forests of the island resulted in a reduction in the number of water sources (natural watering places for livestock), which is why the construction and maintenance of artificial bodies of water was of great importance. Ponds were constructed in karst sinkholes (dolines) or depressions in the ground by covering the bottom with a layer of impermeable clay and making it thoroughly compact. If a pond was also used by livestock, this made its maintenance more convenient, as the animals would constantly press and repair the impermeable clay layer with their hooves. Ponds that were used exclusively as a source of water for people were



Small pond above Stara Baška (Photo: Marko Randić)

surrounded by dry stone walls with a narrow entrance (known locally as *stuba*) that enabled easy access for humans but prevented livestock from entering the pond.

Many battles in the past were fought over water rights. In antiquity, a special role in the distribution of water resources was played by the Romans. It is known that regulations regarding the right of access to water date back to this period, so the allocation of ponds (but also source areas) to specific pastures is probably due to them. Even today, we can find ponds divided by 3, 4 or more dry stone walls, whose aim is to direct livestock from individual pastures to the water. In this way, water resources in ponds were communally managed, and water was a common asset that was owned jointly and which required a rational approach. Examples of such ponds where 3 or 4 dry stone walls lead to the same pond can be found next to the Veli Kaslir and Kaslirić hillforts above Punat. The area of Petilokva also features a well supposedly from Roman times. Its depth is unknown, but it has been discovered that the stone steps continue under the water in the form of oak ones. These are usually covered with water, which prevents the wood from rotting.

In late antiquity and the Byzantine period, water from the roofs of buildings was collected in cisterns and used as a water supply. Wells were built of carved stone on water veins, which is why they were locally called 'living water'. Some of these, for example Zdenac na Kandiji (the Candia Well), have

Karst ponds of the island of Krk

a distinctive snail shape. The name indicates that it was probably built or reconstructed during or after the War of Candia (the Cretan War).

Natural features of karst ponds

The main types of shallow bodies of water and small marshes on the island of Krk include shallow lakes and water reservoirs, salty and brackish ponds and coastal marshes, anthropogenic and natural ponds of different shapes, sizes and depths, temporary ponds (which occasionally dry up), concrete ponds, ponds with springs, ponds next to water sources, wells and other small bodies of water and marshes.

Ever since man started seriously interfering with natural processes, adapting the landscape for his needs and changing small marshes, numerous ponds have emerged but also disappeared from the island of Krk. In recent times, small marshes and ponds have been dried up for sanitary reasons (for example to fight malaria), but also for other reasons connected with urbanisation and 'the progress of civilisation'.



Pond next to Jezero
(Photo: Marko Randić)

The disappearance of ponds and small marshes has resulted in the removal of whole worlds consisting of numerous plant and animal species that depended on marsh and water habitats. The only remaining testimonies of these - if any - are scant scientific records in dusty old books and magazines. For the most part, such records were never even collected. Unfortunately, some of the small marshes that have somehow been preserved are now being used as dumps for waste, including toxic waste, which permanently endangers or even destroys their wildlife and reduces or completely disables the biological function of the ponds.

One of the objectives of the LOKNA project is to list, describe and save these small bodies of water from oblivion. Many ponds in the coastal area and on the islands emerged as a result of human endeavour and were in the past used for water supply purposes. Because of this, such small bodies of water require permanent care and maintenance. Due to a lack of maintenance in recent times, many ponds have become overgrown with vegetation and more and more mud has accumulated on their bottoms, which gradually causes their complete disappearance.

Lifecycle of a karst pond - sediment accumulation

When observing the lifecycle of a karst pond, the processes by which muddy sedi-



Lipica - small pond with a water source
(Photo: Marko Randić)

ment emerges and accumulates on the bottom are particularly interesting. The depositing of mud on the bottom of a pond often leads to it silting up and disappearing, i.e. the transformation of water into land. At the end of their lifecycle, such ponds with excessive accumulation of muddy sediment usually first become completely overgrown with marsh vegetation and then turn into grassland, which over time, if there is no grazing or mowing, develops into forest. This process usually takes decades or even centuries to complete. The scientific term for it is succession.

Over the course of several decades or more, Živa Pond (*the Living Pond*) close to Poljica would probably be just another example of succession if it wasn't for human intervention. As part of the LOKNA project, this pond has been thoroughly cleaned of mud deposits. This is particularly important for a pond that in the past played a crucial role in supplying water to people in periods of drought. Because of this, cleaning mud from the bottom of ponds was in the past a regular activity for local people and was important in maintaining the pond in a functional state and slowing down succession. The cleaning was performed periodically, usually every few years. Local people claim that Živa Pond had previously been thoroughly cleaned of mud some sixty years ago, after which it was only occasionally taken out every now and then. Eventually, this practice ceased completely due to changes in the way of life.



Toad spawn (Bufo bufo)
(Photo: Patrik Krstinić)

If we take into consideration that during the recent cleaning as much as 20 cubic metres of mud was taken out of the pond, we can get an idea of how quickly a small karst pond like this one can fill up with mud and disappear.

Today, many ponds on the island of Krk are walled in with concrete. In this way, the ponds can be more easily maintained and the build-up of silt can be kept under con-

trol. However, this has some negative side effects too. Concrete prevents unhindered access for aquatic and marsh plants, as well as the numerous animals that bury into the natural substrata of the mud. Without this contact and the mutual adjustments that have evolved over thousands of years, biological diversity is hard to maintain in the new, manmade habitats.

Ponds - oval, circular and annular structures in the landscape

Ponds are often aesthetically beautiful elements in the landscape. Their regular circular structure easily attracts attention. The regularity of their form is even more accentuated by the regular concentric circles of vegetation inside them. Since the water level oscillates during the year, annular sections are formed on the banks of the pond, which periodically dry up or are flooded with water for shorter or longer periods of time. A variety of aquatic and marsh plant species have adapted to these varying ecological conditions. In addition, ponds can have belts of marsh and aquatic plants depending on the depth of the permanent water. Usually, only aquatic plants can grow in the central parts of a pond. In fact, this part of the pond is often devoid of vegetation, which results in a kind of circle being formed in the pond, around which there are concentric rings of marsh vegetation.

A nice example of an annular, although not entirely regular, distribution of aquatic and marsh vegetation can be found in Menkova Pond close to Poljica. Since this is a permanent pond, its central part is mostly devoid of plants on the water's surface. Closer to the banks, there is a ring of floating aquatic vegetation (pondweed and duckweed) and abundant submerged aquatic vegetation. This is then followed by a pronounced ring of marsh vegetation with densely arranged stems of spike rush (*Eleocharis palustris*). Closer to the banks, there are two more pronounced rings: the first is practically devoid of vegetation (with the exception of a few very resistant plants that have adjusted to the constant shifting between dry and moist conditions (most notably a species of the Apiaceae family), and the second, which has a wider perimeter, abounds in bentgrass (*Agrostis* sp.) of an intense green colour.



Kolitovica Pond
(Photo: Patrik Krstinić)

Circular and annular pond structures are even more pronounced and unusual in ponds that are surrounded by dry stone walls, and are also more dramatic when several dry stone walls lead to one pond. A nice example



Cattail (Typha sp.)
(Photo: Patrik Krstinić)

is Diviška Pond above Baška, which is located on a rocky plateau close to the cliffs on the south-eastern coast of the island of Krk, on the edge of the protected bird reserve. This pond is at the intersection of five pastures. The dry stone walls that lead to the pond provide separate access to the water for sheep.

The plant life of ponds and small marshes

The specific flora and vegetation are important biological elements of standing waters such as ponds and small marshes. Without water and wet ground, these specially adapted plants could not survive. It is also important that the water in small marshes is not polluted with harmful and toxic human waste. Such preserved habitats abound in macrophytes (aquatic plants) and helophytes (marsh plants). Aquatic plants that can be found in bodies of water on the island of Krk (ponds, small and shallow lakes) include filamentous cyanobacteria, *Charophyta*

Karst ponds of the island of Krk





Aquatic marsh plants
(Photo: Patrik Krstinić)

algae, mosses, ferns and seed plants.

The most comprehensive and diverse group of macrophytes are seed plants. The most widespread species in this region are pondweed (*Potamogeton*), coontail (*Ceratophyllum*), and water lilies (*Nuphar luteum*). There are also many other aquatic plants present.

Apart from macrophytes, the banks of Krk ponds are home to numerous marsh plants that are not completely submerged in water but are nevertheless dependent on moist soil close to bodies of water. Marsh plants include different grasses, sedges, *Apiaceae*, water mints and numerous other species. Marsh plants are distinguished by a variety of shapes and survival strategies, from very successful grasses (*Poaceae*) with light, flexible hollow stems that gently bend in the wind, and which have numerous stamens in inflorescences that release pollen into the air current, to sedges (*Carex*) with sharp, serrated leaves (that can even cut us!). There are also *Apiaceae* plants with complex inflorescences with compound umbels that seem to form a single flower, fragrant deadnettle (*Lamiaceae*) full of glands with essential oils (a nice example is water mint!), rushes (*Juncus*) with leaves that can be spiny at the top, and other plants whose roots are buried in the mud and moist soil on the banks of ponds and lakes.

Pond fauna

Thanks to the variety of aquatic and marsh plant species, ponds are also home to a variety of animal species, such as dragonfly larvae, water bugs and beetles, mosquitofish, tadpoles and numerous other aquatic animals. Around the ponds, there are richly structured habitats of various insects, amphibians, reptiles, birds and bats.

Insects in ponds

Due to their large number and the important role they play in circulating substances, insects are one of the most significant elements in pond ecosystems. After leaving the



Duckweed and frogs
(Photo: Patrik Krstinić)

egg, insect larvae have to go a long way before they transform into adults. Freshwater insects come in a great variety of shapes in both larvae and fully developed adults. Some species live in water only in certain parts of their lifecycle, while others spend their entire lives in the water. For example, the larvae of dragonflies and caddisflies live in water, while adult specimens spend most of their time flying. Because of this, they have developed different organs: the larvae of these insects have well-developed gills and no wings, while adult specimens have wings and breathe through a special respiratory system called a trachea. On the other hand, beetles that live in ponds spend all their lifecycle in the water. Adult water beetles have developed interesting breathing systems. For example, members of the *Dytiscus* genus, which are found in most ponds on the island of Krk, breathe by going to the surface and upending. They collect a bubble of air under their elytra and breathe it during immersion. Land and water forms of individual species that are found in Krk ponds also differ in the way they feed: the caddisfly larvae of the *Limnephilus* genus feed on rotting plant remnants, while adult winged specimens have developed organs for licking plant sap. Caddisfly larvae spend their lives in structures that they build by binding small pieces of wood or stone together using their spinning gland secretions.



Dragonfly (Odonata)
(Photo: Patrik Krstinić)

The overgrowing of ponds and their succession into terrestrial habitats leads to the loss of environments necessary for the development of water insects, which then impoverishes the overall biodiversity of the island of Krk. Members of the dragonfly fauna (*Odonata*), which are a typical 'amphibian' insect group - their larvae live in the water as predators, while adults fly in the air, skilfully manoeuvring and hovering above the water's surface, hunting for smaller flying insects - are also important as indicators of the threat posed to a water, especially smaller bodies of water. Another group of insects which inhabit ponds, but which we would maybe not expect to be so-called amphibious water organisms, are butterflies. At a pond in the Poljica area in the western part of the island of Krk, we found the very attractive Brown China Mark (*Elophila nympheata*). This nocturnal moth is interesting for the fact that its caterpillars live in standing waters, breath with gill-like organs, and feed on aquatic plants. The Brown China Mark is one of the 11 aquatic moths known in Europe, most of which are endangered and in need of protection.



Smooth newt (Lissotriton vulgaris)
(Photo: Marko Matešić)

Karst ponds of the island of Krk

Amphibians and reptiles in and around ponds

Amphibians are also good indicators of environmental pollution. Since their skin is very permeable (they breathe and absorb water through it), they are very sensitive to pollutants. In addition, depending on their developmental stage, they can use both terrestrial and aquatic habitats, and are therefore affected by pollutants in both habitat types. In this way, they can alert us to dangerous environmental conditions that can result in serious health issues for humans. Two types of amphibian are found in Krk ponds: newts and frogs. The major morphological difference between these two species is that newts have tails during their entire life while frogs lose their tail at the end of their transformation from the tadpole stage. The smooth newt (*Lissotriton vulgaris*) is the only newt species that inhabits the island of Krk. Although they hibernate in winter on land, smooth newts on the island of Krk frequently overwinter in ponds. The biggest threat to the Krk population of smooth newts is the mosquitofish, an invasive fish species that has been introduced into ponds to control mosquito populations. Mosquitofish are predators that feed on smooth newt eggs and larvae, but also on other tiny organisms that live in ponds, and therefore compete for food with adult newts. During the inventory of Krk ponds, it was observed that smooth newts only inhabit ponds in which there are no mosquitofish.



Tadpoles and cyanobacteria (Photo: Marko Randić)

Because of their diversified wildlife and habitat structure, ponds are also attractive to reptiles. During research on herpetofauna as part of the LOKNA project, the following amphibians were found in and around ponds in the western part of the island of Krk: wall lizards (*Podarcis siculus*), grass snakes (*Natrix natrix*), black whip snakes (*Hierophis carbonarius*), and pond sliders (*Trachemys scripta*). The black whip snake is particularly interesting as it is strictly protected and listed for protection in EU directives on the conservation of wildlife and natural habitats.

Birds at the ponds

Ornithological research conducted on the island of Krk has mostly been aimed at bird reserves and areas that are particularly rich in birds, such as the aquatic and marsh habitats of Jezera close to the Njivice and Ponikve reservoirs. The LOKNA project was the first to include ornithological research on small ponds as special habitats on this island, which is rich in interesting bird speci-



Jay (Garrulus glandarius)
(Photo: Andrej Radalj)



Long-talied tit (Aegithalos caudatus)
(Photo: Andrej Radalj)

es. Ornithological research on selected ponds as part of this project has revealed 50 bird species. Some of them are very interesting, such as the wonderfully coloured kingfisher (*Alcedo atthis*), which comes here mostly in the colder part of the year, the water rail (*Rallus aquaticus*), which can be found, usually in pairs, at nearly every larger pond on the island of Krk, the rare little egret (*Egretta garzetta*), the grey heron (*Ardea cinerea*), and other species. Some songbird species regularly visit the ponds. While working on the project, in the colder part of the year, we noticed that almost every pond has its 'own' robin (*Erithacus rubecula*), but also that small songbirds regularly come to the ponds for water, where predatory sparrowhawks (*Accipiter nisus*) may be waiting for them.

Bats at the ponds

Bats (*Chiroptera*) take advantage of the diversity and variety of insects that fly over the ponds at dusk and night. Some of the bats even specialise in hunting above or around the surface of bodies of water.

Research conducted as part of the LOKNA project revealed a bat species that was previously unknown on the island of Krk: the serotine bat (*Eptesicus serotinus*). Other species that were discovered at ponds include the greater horseshoe bat *Rhinolophus ferrumequinum*, Kuhl's pipistrelle (*Pipistrellus kuhlii*) and the lesser noctule (*Nyctalus leisleri*). These four species have been confirmed by catching them in hunting nets, and at least six more bat species were determined by echolocation (recording of their sound), which indicated their presence around the researched ponds.

Vulnerability and protection of ponds

Until recently, ponds were of great importance to the inhabitants of the Kvarner islands, and continue to be so in areas whe-



Dokulovo - a pond between Punat and Stara Baška
(Photo: Marko Randić)

Karst ponds of the island of Krk



Črkote - dry stone walls at the pond (Photo: Marko Randić)

re raising livestock still takes place. Before a water supply system was introduced and people adopted new, easier ways of earning a living, ponds literally meant life in the waterless karst landscapes. These recent changes resulted in the reduction and sometimes even complete disappearance of certain traditional activities and knowledge associated with ponds. However, in some areas, especially in the southern part of the island of Krk, where sheep are still bred in the traditional way, ponds even today have their original function of providing water for livestock. In other parts of the island, which have turned more towards tourism or are located close to towns, ponds have often been filled in or polluted, or have disappeared during urbanisation and construction work. On the other hand, ponds that can be used for watering gardens or as water reservoirs for other purposes have sometimes maintained their original function.

Even those ponds that have not been filled in, but which are located in areas where there is no need to water livestock any more, have often been neglected and fallen into ruin. People stopped cleaning them of accumulated mud and removing vegetation, with the result that these ponds were gradually reclaimed by the land as they became overgrown.

There are several examples of such cases on the island of Krk. In addition, in some ponds the clay bottom subsided and was never repaired. Consequently, they were emptied of water.



A pond surrounded by a dry stone wall (Photo: Patrik Krstinić)

The flora and fauna of ponds have often been affected by human intervention. At the beginning of the 20th century, ponds were reservoirs of malarial mosquitos and sources of infection. Certain parts of the island were ravaged by malaria, and experts on combating the disease started introducing mosquitofish as an effective biological method to fight mosquitos. A leading figure in this ac-

tivity on the island of Krk in the early 20th century was Dr Oto Trausmiler. In more recent times, guided by the knowledge of pioneers in the biological fight against mosquitos (Dr Majnarić and Dr Trausmiler), the method of introducing mosquitofish into small bodies of water that were sources of mosquitos was systematically applied by the sanitary expert Josip Kenk. Besides confirming the efficiency of the biological method in the fight against mosquitos while significantly reducing the use of chemicals in combating mosquito larvae, his work is also significant because he was the first to systematically record all the locations and data on ponds and other small bodies of water on the Kvarner islands into which he had introduced mosquitofish (such as pond type, exact location, photos, sketches, whether it was a permanent or temporary body of water, etc.). For some ponds, he also collected the first significant data on their wildlife.

By raising awareness of the need to preserve biodiversity, we have become aware that



Solution pan - kamenitza
(Photo: Sunčica Striško vić)

the conservation and maintenance of ponds is highly important. However, we have also learned that the introduction of alien species, such as the aggressive and invasive mosquitofish (or, more recently, the red eared and yellow-bellied slider) can have a negative effect on the richness and diversity of the indigenous wildlife on the island. The Physical Plan of Primorje-Gorski Kotar County provides for the protection of all larger and more important ponds on the island of Krk (a total of 317) as especially valuable parts of the natural landscape. We feel confident that the results of the LOKNA project will contribute to preserving and protecting karst ponds on the island. It is our obligation to save this natural and cultural treasure for future generations.

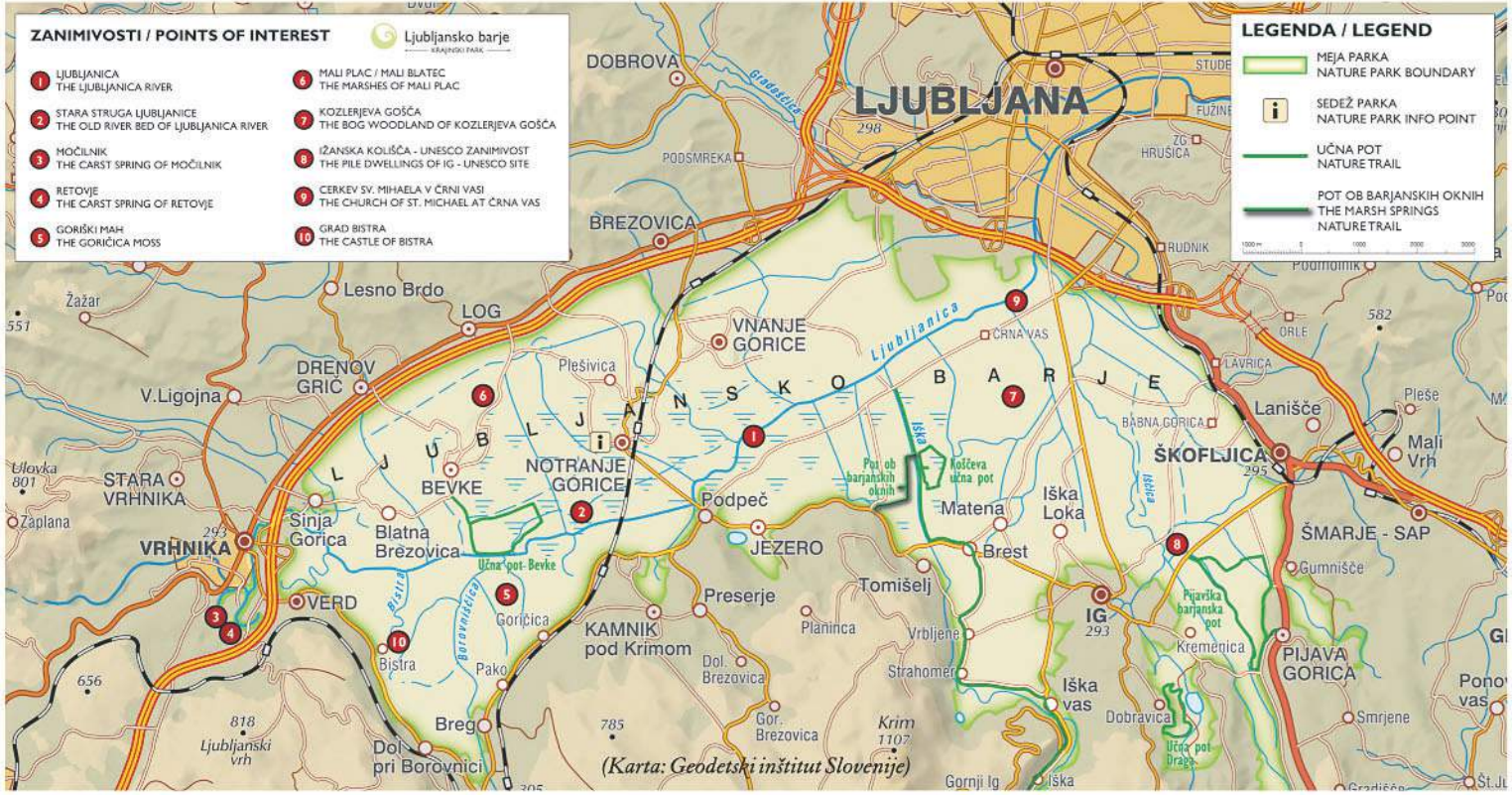
To conclude, here is a small example of how the project taught us in which direction we should continue our endeavours. While cleaning Živa Pond of accumulated mud, we learned that one should respect traditional knowledge in this procedure.

It is necessary to pay attention not to break through the impermeable layer of clay in the process of cleaning. Unfortunately, nowdays traditional knowledge about ponds has fallen into oblivion because fewer and fewer people have this knowledge. The LOKNA cross-border project may be a chance to save some of this knowledge from being lost and to preserve part of our material cultural traditions in their natural surroundings.



Ljubljana Marsh autum
(Photo: Davorin Tome)

The marsh springs



Ljubljana Marsh Nature Park

The Ljubljana Marsh (Slovenian: Ljubljansko barje) is located in Central Slovenia, in the southernmost part of the Ljubljana Basin, and represents the largest wetland in the country. Most of the water in the Ljubljana Marsh is stored in the ground, but during heavy autumn and spring rainfall floodwater covers the meadows, fields and sometimes even settlements. Humans have undertaken persistent efforts to change the marsh landscape to make their lives on the floodplain easier. More radical interventions began during the reign of Maria Theresa, who in 1769 issued the Decree on Draining and Settlement of the Ljubljana Marsh. Following the construction of the Gruber Channel in Ljubljana, the Ljubljana Marsh was heavily drained, thereby enabling the building of the Ižanska Road in 1830 and the settlement of the central part of the marshy plain. Due to the deep, soft and wet soil, it was necessary to build on wooden piles. Farming on the marshy plain was also far from easy. In order to increase the run-off of the floodwater, farmers dug drainage ditches along every meadow, field and field path.



Snake's head fritillary (Fritillaria meleagris)
(Photo: Davorin Tome)

The inhabitants of the Ljubljana Marsh noticed that the upper layer of the marsh soil, i.e. peat, burned well. It was first excavated and dried for heating homes, and in the mid-19th century it started to be excavated in large quantities. Farming on the marsh was thus soon replaced by peat extraction; the dried peat was sold in Ljubljana and its surroundings as heating fuel. By the end of the 19th century, most of the peat in the marshland had been excavated. This led to the lowering of the surface and water returned to the Ljubljana Marsh, making a mockery of hundreds of years of attempts at land drainage. Some inhabitants emigrated abroad, others found work in Ljubljana, while others took up farming again. Farmers used a large portion of the marsh plain as meadows and grew crops for their own use in fields. They planted alders between the plots, which dried out the soil and provided protection in severe winds. This resulted in the creation of a colourful marsh mosaic of meadows, fields and forests, intertwined with alder hedges and a dense water network. Mowing the wet meadows prevented them from becoming overgrown with woods and allowed them to become populated with an extremely varied meadow flora and fauna. The onset of intensive farming and urbanisation has increasingly impoverished this diverse marsh mosaic and put at risk the drinking water and soil

The marsh springs

quality. Motivated by the desire to preserve the nature and landscape of the Ljubljana Marsh the area was designated the Ljubljana Marsh Nature Park in 2008.

The majority of conservation measures in the park focus on the wet meadows, as they exhibit the highest degree of biodiversity. Here, one can find a wide range of plant species, which in many places, mainly due to land drainage, have already died out: the snake's head fritillary (*Fritillaria meleagris*), the common cotton-grass (*Eriophorum* sp.), meadow orchids, etc. The diverse colours in the meadows are complemented by the sounds of buzzing insects and the singing of birds. Although the marsh plain covers barely one per cent of Slovenian territory, **half of all Slovenian bird species** nest in the Ljubljana Marsh, and even more stay here during the winter or rest during migration. The most typical marsh bird species can be easily spotted or heard in the meadows, hedges and low growing shrubs. The corn crake (*Crex crex*), the Eurasian curlew (*Numenius arquata*), the common quail (*Coturnix coturnix*), the Eurasian scops owl (*Otus scops*), the whinchat (*Saxicola rubetra*), the common grasshopper warbler (*Locustella naevia*) and the hen harrier (*Circus cyaneus*) appear on the list of the most endangered species at both the European and global level. However, they can still be seen in the Ljubljana Marsh. The marsh plain also boasts **twice as many butterfly species than the entire British Isles**, in total around 90 species. The last numerically strong population of the tufted skipper (*Carcharodus flocciferus*), but also the false ringlet (*Coenonympha oedippus*), can be found here.



Corn crake (Crex crex)
(Photo: Peter Buchner)

The wide network of drainage canals and ditches is also a highly important habitat in the Ljubljana Marsh. It is home to animal species which spend at least part of their lives in the water or by the water: amphibians, water birds and dragonflies. **Approximately 50 species of dragonfly**, which is more than half of all the species in Slovenia, have been recorded in the Ljubljana Marsh. Many endangered species, such as the ornate damselfly (*Coenagrion ornatum*), the common clubtail (*Gomphus vulgatissimus*) and the scarce chaser (*Libellula fulva*), can be observed around the ditches and canals. The croak of the European tree fog (*Hyla arborea*) echoes here during the summer nights. The mix of different running and standing waters is of utmost importance to the numerous amphibians: the yellow-bellied toad (*Bombina variegata*), the Italian crested newt (*Tri-*

The marsh springs

turus carnifex), and the European green toad (*Bufo viridis*). **The marsh plain is home to 70 per cent of all amphibian species living in Slovenia.**

The continuing presence of water in the marsh soil and in the River Ljubljanica protects a very rich cultural heritage. Archaeologists have discovered a **40-thousand-year-old wooden arrow point**, well preserved medieval swords, a Roman boat over 15 metres in length, and other finds in the River Ljubljanica basin. To date, the remains of 43 pile dwellings have been found in the Ljubljana Marsh. **Two groups of pile dwellings near Ig** have been entered in the **UNESCO World Cultural Heritage List**. The most significant pile dweller finds in the Ljubljana Marsh are the remains of a pile dweller's cart, **the world's oldest wooden wheel with axle**, which is around 5,150 years old. The Ljubljana Marsh, however, is not only a treasure trove of biodiversity and cultural heritage. The vast marsh plain acts as a flood retention basin, while the deep and complex marsh soil in combination with the marsh plants serves as a natural water treatment plant. The humidity of the soil cools the air; therefore the Ljubljana Marsh is always one to two degrees cooler than its periphery. Last but not least, the Ljubljana Marsh is also a source of food and drinking water for humans.

Water - the main element of the Ljubljana Marsh

When mentioning the Ljubljana Marsh, one most often thinks of the River Ljubljanica, floods and fog. These are the different forms of water that have always defined this area. The River Ljubljanica was the main transport artery between Nauportus (Vrhnika) and Emona (Ljubljana) in Roman times. Flooding caused difficulties as far back as the reign of the Empress Maria Theresa, who wanted the marshy plain to become a granary for her numerous army. To live well in and around the Ljubljana Marsh calls for a good knowledge of the laws of nature in this area defined by water.

The water in the Ljubljana Marsh occurs in three forms: surface water, groundwater and water in the air.

If one climbs a hill on the outskirts of the Ljubljana Marsh in autumn or spring, there is often a thick layer of **fog** below. In spring, the thick fog is replaced by **mists** which float immediately above the ground like skilful dancers. The surface waters of the Ljubljana Marsh can be observed throughout the year. The main marsh watercourse, the **River Ljubljanica**, threads its way lazily all the way from Vrhnika to Ljubljana. It is fed by the rich hinterland of the Notranjska region (Cerkniško jezero/ Lake Cerknica and Planinsko polje/Planina Field) and **by its numerous tributaries in the Ljubljana Marsh** (Mala and Velika Ljubljanica, Bistra, Borovniščica, Iška, Ižica, Gradaščica, Mali Graben, etc.) There is also an **exceptionally dense network of artificial drainage canals and ditches**, whose total length is about five thousand kilometres. The central part of the marsh plain, the solitary Kostanjevica Hill,



Scarlet dragonfly (Crocothemis erythrea)
(Photo: Dejan Veranič)

boasts **a small marsh and the remainder of a transitional marsh**, the Mali Plac Nature Reserve. **A flooded forest**, home of many amphibians, is situated in the north-eastern part of the Ljubljana Marsh near Vič. Small standing waters can also be found on the periphery of the Ljubljana Marsh. Numerous species of fish, water birds and turtles live in the numerous ponds, former clay pits, near Vrhnika and Ig. With a depth of 51 metres, a karst lake situated near Podpeč is Slovenia's deepest lake.

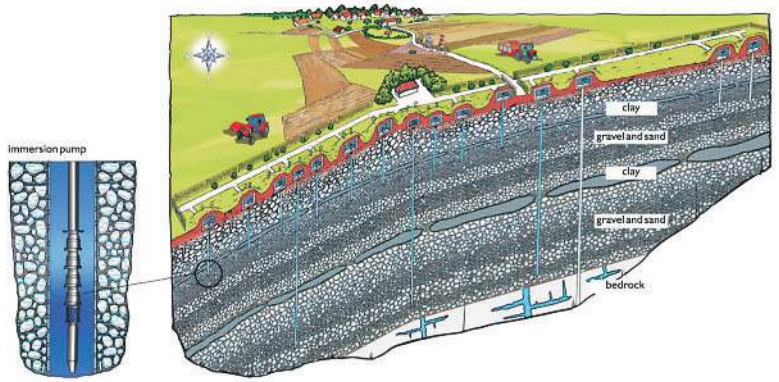


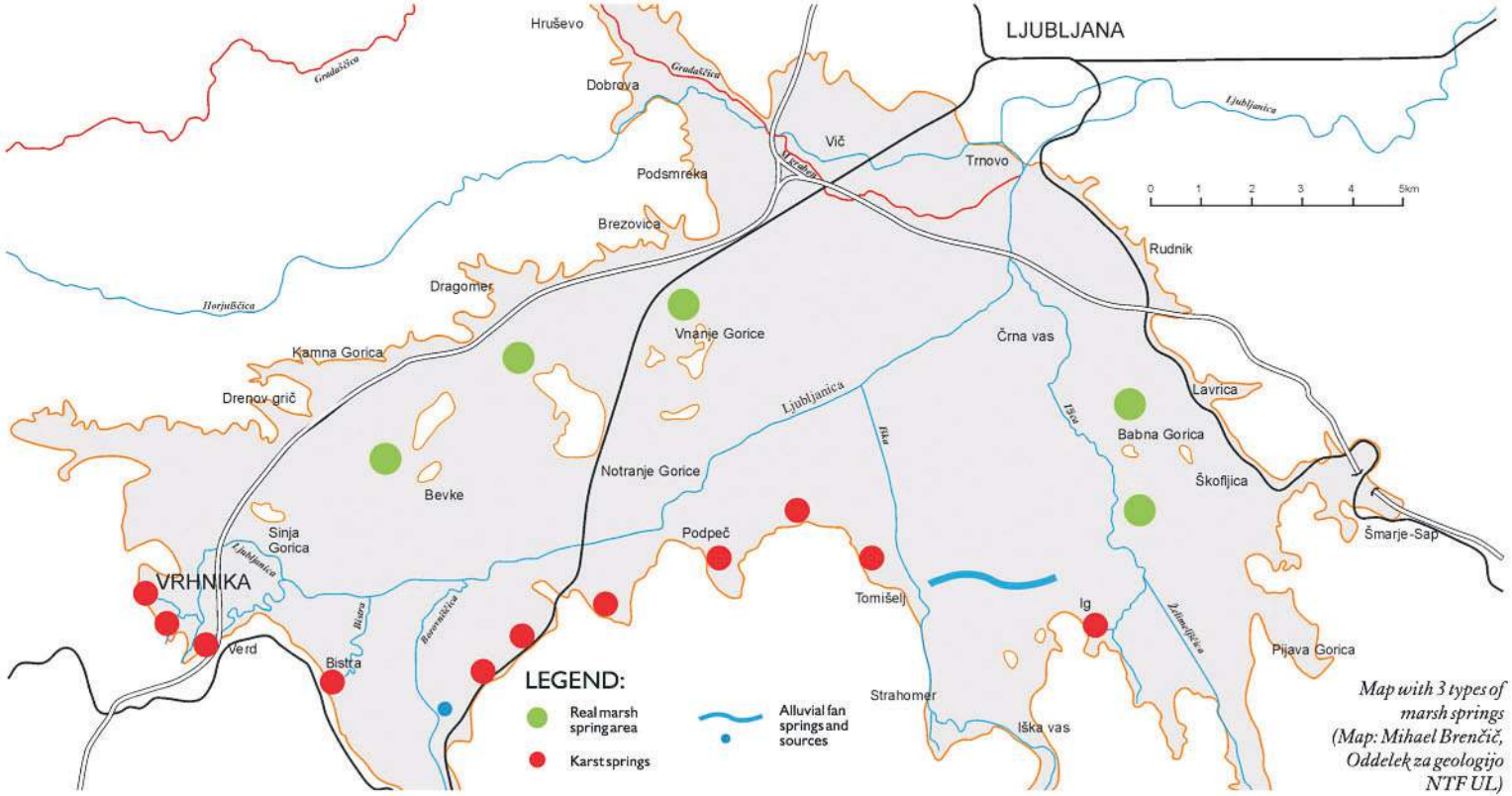
Illustration of the Brest pumping station with a detail of the immersion pump (Illustration: Marijan Pečar)

In contrast to the surface waters, which account for only one per cent of the Ljubljana Marsh Nature Park area, groundwater is located below the entire surface of the marsh plain. The groundwater comes to the surface where the different layers are in contact with each other. This occurs in the shape of numerous natural springs (marsh springs). It is also found in the many boreholes built for the purpose of drinking water abstraction. A number of **karst springs** are located on the karst periphery of the Ljubljana Marsh, all the way from Vrhnika to Ig. The best known are the springs of the River Ljubljanica between Vrhnika and Bistra. Far less known are the springs on the periphery of alluvial fans, which are the gravel deposits of rivers. Hydrogeologists discovered the highest number of **alluvial fan springs** on the periphery of the alluvial fan of the River Iška. The gravel deposits of the Iška reach a depth of several ten metres, where there are **large supplies of drinking water**, which is pumped out in the Brest pumping station.

The surface and groundwater of the Ljubljana Marsh join forces during excessive and long-lasting autumn and spring rainfall. The watercourses overflow their beds and flood the marshy plain.

During the **annual floods**, water covers about 15 per cent of the area, and more than half of the area of the Ljubljana Marsh in times of **extraordinary flooding**. At such times, the marsh plain has the appearance of a pile dwellers' lake of times gone by.

The marsh springs



Map with 3 types of marsh springs (Map: Mihael Brenčič, Oddelek za geologijo NTF UL)

The marsh springs - a unique water phenomenon

Marsh springs are a lay term for all the springs and smaller water areas in the territory of the Ljubljana Marsh and its periphery. An examination of written records, the narratives of locals, and the list of the marsh springs in the Ljubljana Marsh compiled as part of the LOKNA project reveals that this is a very varied water phenomenon. Its diversity is reflected both in its denomination and the typology of the phenomenon. While collecting data on the marsh springs from local people, different terms were mentioned: springs, windows, pools, bubbling springs (Slovenian: *retje*). The locals named certain springs after the owners of the plots on which they are located (the Urh window was named after a family name Urh) and others after the type of vegetation around the springs (Jevšnik was named after jelše, the Slovenian word for alder). Hydrogeologists classify the marsh springs according to the area in which they occur, i.e.:



One of the springs at Iška Loka (Photo: Barbara Zupanc)

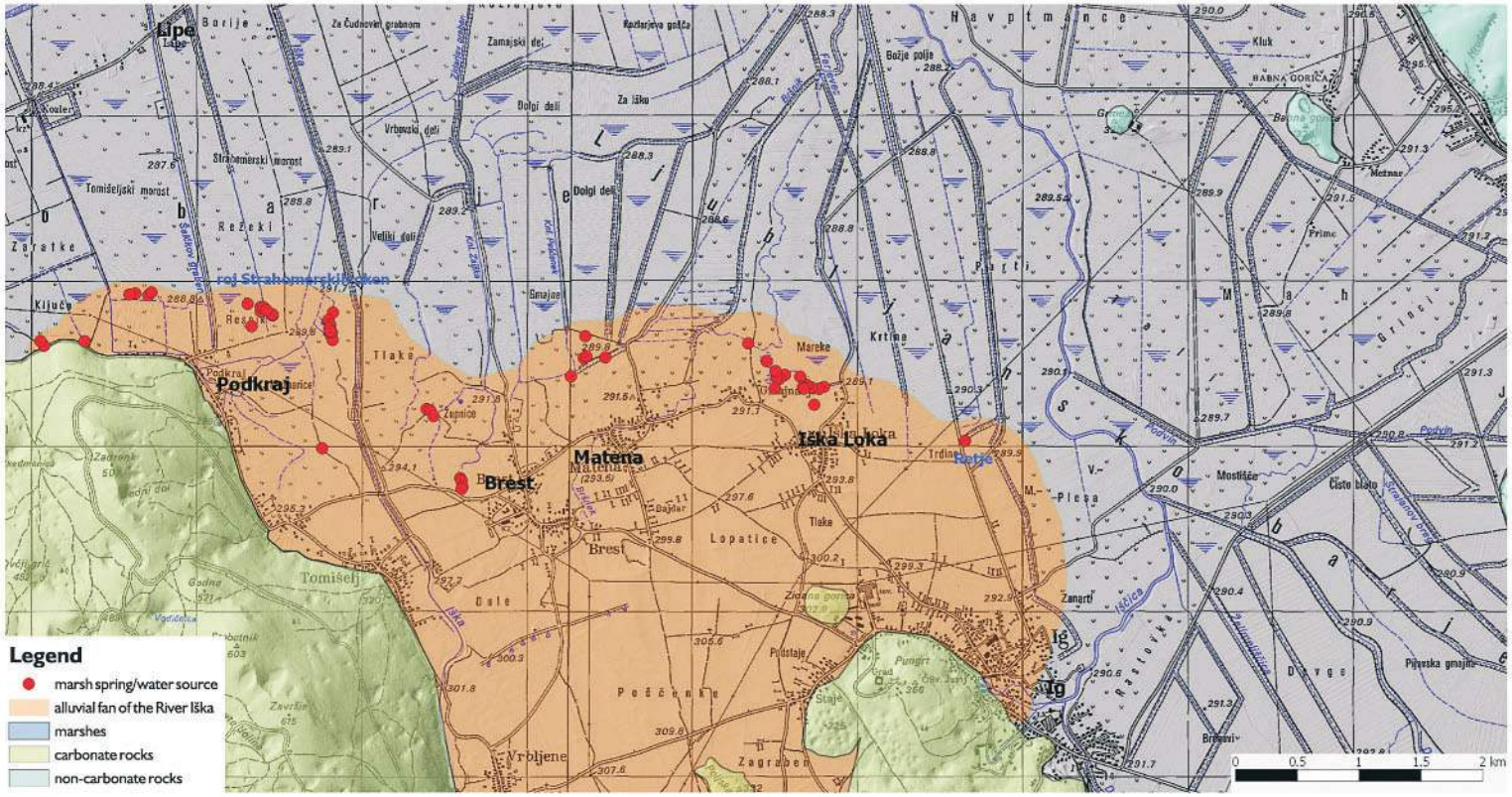
- real marsh springs in high marshes
- alluvial fan springs and sources on edges of alluvial fans
- karst springs on the karst edges of the Ljubljana Marsh.

Real marsh springs are open water surfaces located in high marshes. As real high marshes today no longer exist in the area, real marsh springs can also no longer be found. They vanished together with the high water that was drained after the first major draining activities. Their locations can be discerned on the Josephian military topographic maps of the first survey for Central Austria, which was conducted in the Marsh from 1784 to 1785. The following was recorded in an explanation whose origin coincides with the maps for the area of Notranje Gorice: "The open waters called lake windows are almost inaccessible."

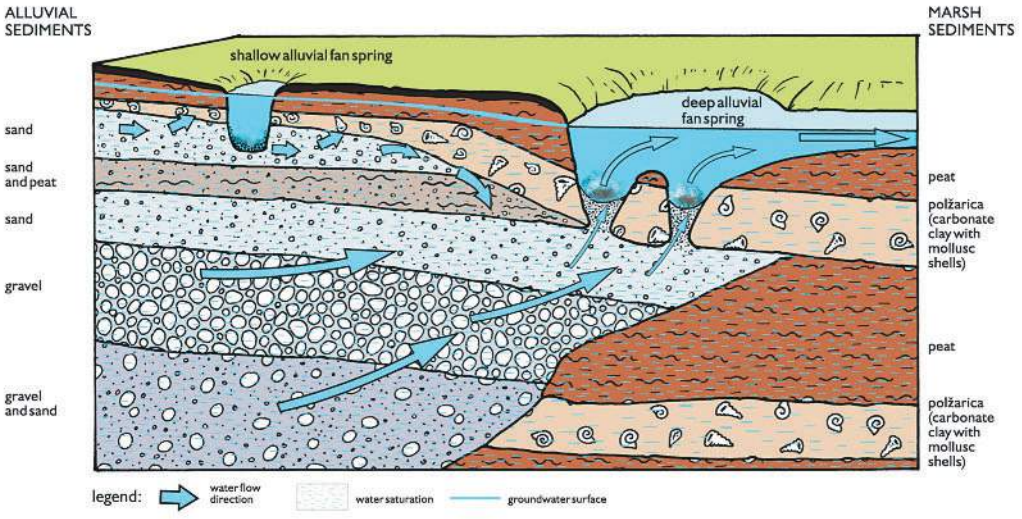
Alluvial fan sources and springs are situated at the edge of alluvial fans, the gravel deposits of rivers. The greatest diversity and number of the water phenomena in question can be observed at the boundary of the alluvial fan of the River Iška. While compiling a list, hydrogeologists discovered as many as 53 of them. The majority come in groups, such as Strahomer spring group. They are classified, depending on the inflow of water, into shallow and deep alluvial fan windows and springs.

Marsh spring at the alluvial fan of the River Iška (Base map: GURS 2016, authors: Mihaela Brenčič, Teja Keršmanc, UL Naravoslovnotehniška fakulteta, Oddelek za geologijo)

The marsh springs



The marsh springs



Two types of alluvial fan spring/source (Illustration: Marijan Pečar)



Karst spring near Goričica (Photo: Barbara Zupanc)

Shallow alluvial fan springs depend on contact between the low permeable marsh deposits (clay, clayey silt and fine sand) and the more permeable gravel river deposits (gravel and sand), where the water from the upper section of the aquifer comes up to the surface. These springs are characterised by fluctuations in water level and temperature. The largest group of shallow alluvial fan springs is located near Iška Loka, where hydrogeologists identified two big groups: Mareke and the Lošca springs. Some springs have dried up completely, while others resemble big puddles more than springs.

Shallow alluvial fan springs are distinguished from sources by not having a natural run-off and are hence also usually larger than alluvial fan springs. At the boundary of the alluvial fan of the River Borovniščica, there lies the powerful bubbling spring Anžutovo retje, which with its area of 20 m x 16 m ranks among the largest marsh springs listed.



Marsh spring in Podkraj
(Photo: Maša Bratina)

Deep alluvial fan springs are recharged with water from the lower section of the aquifer, where the water comes to the surface through channels. As the water coming to the surface is under pressure, it washes away different layers of marsh soil on its way from the lower section of the aquifer to the surface: so-called polžarica (carbonate clay with mollusc shells) and peat. Polžarica is a layer of light grey clay of variable thickness found under the peat layer. It is a lake deposit which gets its name from the numerous mollusc shells found in it. Together with the water, fine particles of clay and particles of brown peat and white snail shell come to the surface. In contrast with shallow alluvial fan springs, the temperature in the deep springs remains constant throughout the year, 11 degrees Celsius. The two biggest groups of deep alluvial fan springs are situated between Brest and Podkraj: the Jevšnik spring group and the Strahomer spring group.

Water level measuring rod at Strahomer springs (Photo: Maša Bratina)

The marsh springs

Karst springs are situated at the karst edges of the Ljubljana Marsh, which runs from Vrhnika to Ig in the foothills of the Krim mountain range. The best known karst springs are the springs of the River Ljubljanica between Vrhnika and Bistra: Mala and Velika Ljubljanica, Ljubija and Bistra. Far less known are the numerous smaller karst springs between Goričica and Pako, which are covered in marsh sediment. They can only be observed during periods of heavy rainfall when water trickles from the ground in small streams.

The importance of the marsh springs in the past and today

The uniqueness of the phenomenon of the springs in the Ljubljana Marsh is supported by a number of references in literature dating back to the 17th century. The earliest mention of the marsh springs is found in the "Glory of the Duchy of Carniola" by polymath Janez Vajkard Valvazor (1689): *"the area between Ljubljana, Ig and Vrhnika has many such incredibly deep pools or holes filled with water. They are usually called springs. Nobody can measure their depth, which shows that these small pools or holes are permeable beneath and reach down to the opening of a hidden channel deep in the ground or better said extend upwards from it. A lot of beautiful fish live in many of them."*

Prior to major draining works, the Ljubljana Marsh was completely different from today. It was covered in ombrotrophic bog, which was very difficult terrain, as there were no well-trodden paths. Only fishermen and hunters dared to venture out into such a landscape, and even they had to be extremely careful not to fall into the marsh window, which was vividly described by Ivan Šubic in a detailed nature study on the Ljubljana Marsh in 1886:

"Hunting required a lot of caution and skill. Sometimes a foot sank and men were forced to drag each other out of the sludge and mud. The ground shook with every step. Marsh windows or bubbling springs (Seefenster) posed the biggest threat. These springs were sometimes open but sometimes fraudulently covered in a thin crust of moss and sedge. Woe betide any lonely man who lost his way there! He vanished without trace in the window. Even after draining had already advanced, workers in the field often came across covered springs. They pushed a pole through the thick crust, yet they could only rarely reach the bottom. Well-known lake windows were located near Lavrica, Loka, Plešivica, Kostanjevica, Bevke and elsewhere. The face of the Ljubljana Marsh swiftly underwent change with the progress of draining."

Following major draining work in the Ljubljana Marsh, the ombrotrophic bog was replaced by meadows and in time also by fields and settlements. The elderly locals of Podkraj said that as shepherds they were afraid that grazing livestock would fall into a marsh spring. Only the persistent and strong who were equipped with ropes managed to pull animals out of the springs. Farmers regarded the marsh springs as a piece of useless land. Hence, they often fi-

The marsh springs

lled them up or redirected the water flow to nearby canals. On the other hand, the locals also mention that the water from the marsh springs was used as drinking water and for washing dishes and clothes until their houses were connected to the water supply network. The locals of Iška Loka said that the marsh springs were a place for play and fun, as when they were children they used to skate there in winter, while during the warmer months of the year they went there to catch fish and crayfish.

Today, people still occasionally fall into the marsh springs. Farmers like to fence off the larger springs to prevent their cattle from falling into danger. It is also often the case that marsh springs and sources are filled in. In the case of shallow marsh springs and sources, the phenomena dry up in time. As for deep sources and springs, the water flow is only redirected and a new spring or source soon emerges in the vicinity of the filled-in location. A closer look at filled-in marsh springs reveals that all such areas witness the spread of the invasive Canadian goldenrod (*Solidago canadensis*) and the gigantic tall goldenrod (*Solidago gigantea*), which create thick stands that quickly spread to nearby fields and meadows. Less noticeable at first glance, yet all the more dangerous, are the pesticides used in intensive farming.

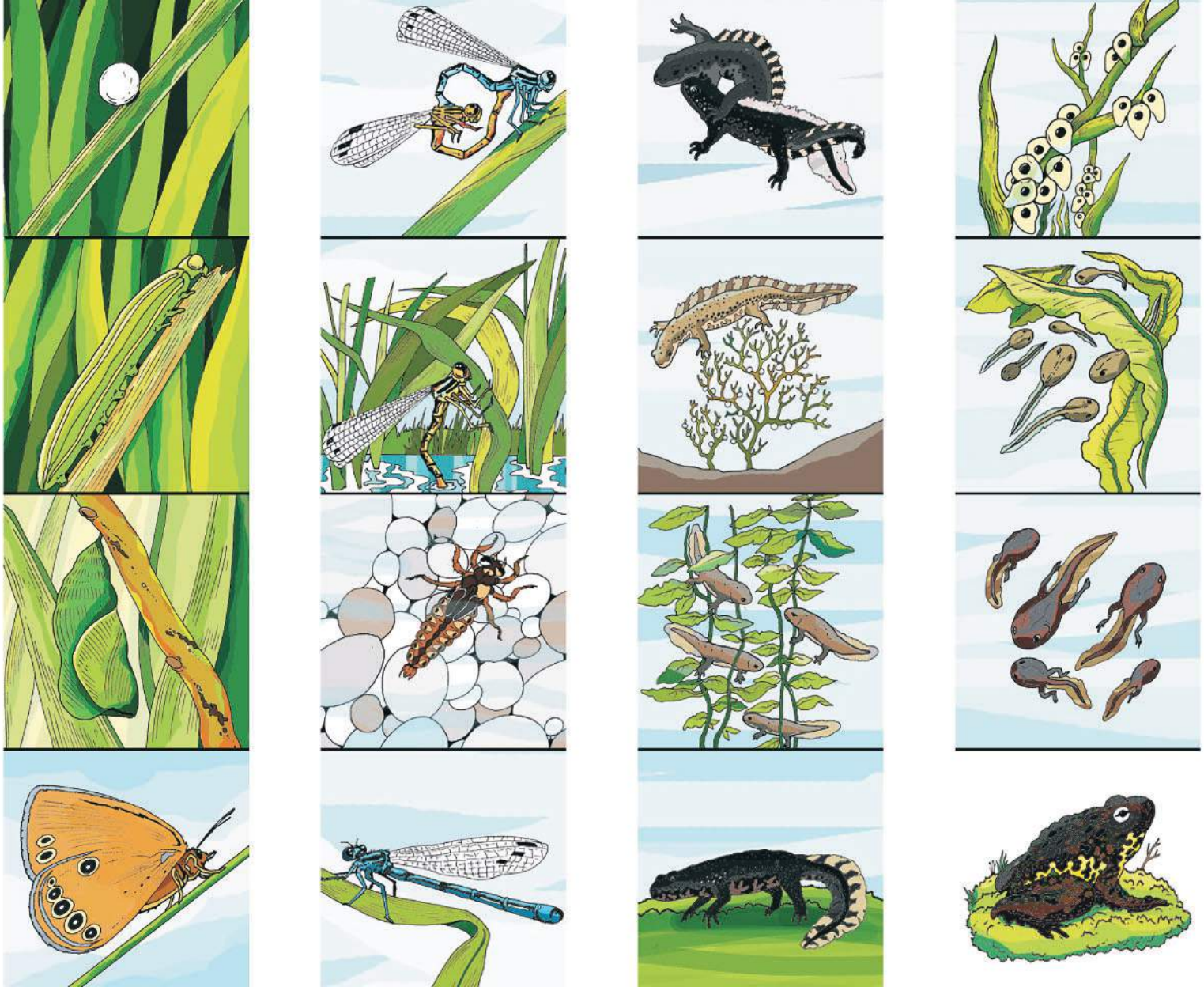
They seep down into the ground where the sources of drinking water are located. The locals mentioned that since the intensive cultivation of corn in the Ljubljana Marsh, they no longer dare drink the water from the marsh springs. The most poisonous pesticides have already been banned for several years. However, the time it takes them to break down in the soil is extremely long.

Many locals are aware of the fact that the marsh springs are a lot more than just useless holes. Mr Jože Krašovec from Podkraj, a long-standing voluntary fire fighter, emphasises that the marsh springs are crucial in the summer period during peat fires, as they represent the closest source of water for extinguishing them. Microbiologist Dr. Janez Hacin highlights the importance of the marsh springs in the irrigation of the meadows and fields during drought periods, which can be achieved through regulating the system of dams in the canals into which the water from the marsh springs flows. The marsh springs also provide a significant indication of groundwater levels. Groundwater level measurements of the marsh springs have been performed since 1967.

Many locals of the Ljubljana Marsh are proud of the fact that such a unique water phenomenon is in their immediate vicinity and they would like to present it to the general public. The inhabitants of Tomišelj and Podkraj have thus established a cultural society called The Sources of Tomišelj (Kulturno Društvo Izviri Tomišelj), which in 2010 prepared some of the marsh springs for visitors.

The four seasons:
1. autumn
2. summer
3. spring
4. winter
Illustration: Marijan Pečar





Marsh spring educational trail

One of the activities of the LOKNA project is to set up a marsh spring educational trail in the Ljubljana Marsh. The Ljubljana Marsh Nature Park has been co-operating in the setting up of the trail with locals, the representatives of the Institute of the Republic of Slovenia for Nature Conservation, and hydrogeologist Dr. Mihael Brenčič.

When selecting the route, the Park's main principle has been to intervene in untrodden parts of the Ljubljana Marsh as little as possible and to put already existing trails to the fullest use. Thus, the starting point of the trail is in the vicinity of the main road at Podkraj, at the karst edge of the Ljubljana Marsh. In the vicinity of the introductory information table, there is the Šentjanž stream, which comes to the surface at a karst spring below the little church of St. John the Baptist. From the asphalt path, the trail continues from the settlement to a field path leading to the Strahomer springs.

A wooden platform with a fence has been installed by the springs for safe viewing. The platform has information boards featuring colourful illustrations helping visitors discover the phenomenon of the marsh springs throughout the territory of the Ljubljana Marsh, the Iška alluvial fan and the group of Strahomer springs.

The key to understanding the marsh springs is a knowledge of the different soil structures of the alluvial fan and the marsh, as shown by two pillars by the information boards. There are wooden bricks at the fence of the platform that can be used to show the marsh soil types of the past and today, and the development stages of the animals linked to the water and the Ljubljana Marsh across the four seasons. These interpretative tools make natural science interesting for the youngest visitors.

The path continues from the Strahomer springs to the Jevšnik canal, which is the confluence of the waters from the group of Jevšnik springs. An information board nearby explains the importance of the marsh springs for humans in the past and today.

The total distance of the trail is about 2 kilometres, and it is best to walk along it. It will take you approximately 1 hour in one direction together with stops along the way. If you wish, you can continue walking along the educational trail by the River Iška and along the Corncrake educational trail in the immediate vicinity.

In this case, you should add about an hour or two. You can also get there by public transport. Ljubljana Passenger Transport city bus No. 19b will take you to Lipe, from where you can walk 1.5 km by the River Iška along the Okljuk educational trail and then turn right onto the trail passing through the marsh springs.

Animal development phases:
1. False ringlet
2. Dragonfly
3. Newt
4. Yellow-bellied toad
Illustration: Marijan Pečar

The marsh springs

Marsh spring workshops

Neatly arranged educational trails alone will not help preserve the marsh springs if the locals do not recognise the importance of these phenomena and see them as important natural assets. The workshops which the Ljubljana Marsh Nature Park organised in primary schools at Ig and in Borovnica were the first step towards raising awareness of the marsh springs. Pupils in the introductory part discovered the geological history of the Ljubljana Marsh and were acquainted with the basic layers of soil that today comprise the Marsh: gravel, sand, clay and peat. They also got to know the different types of aquifer: fissure, karstic, artesian, subartesian and alluvial. Group of pupils made their model of an aquifer in the practical part, which they all tested together at the end. They learnt how the alluvial marsh springs work on a model of an artesian aquifer.

The pupils participated very well in the workshops, as is shown by their impressions



We also made a model of a karst pond (Photo: Anton Žvanut)

below:

"I liked the marsh springs project, as I learnt many new things about the Ljubljana Marsh. The most fun part was when we split into groups and had workshops. In this way, we were able to see with our own eyes what is happening to the marsh."

Katja Potočnik, Ig Primary School

"It was a great experience. I learned a lot. I listened closely, because the topic interested me. I would repeat the experience if I could. Now I know what an aquifer is."

Karmen Centa, Dr Ivan Korošec Borovnica Primary School

"On Monday 16 November, we had workshops on the subject of the marsh springs. We learnt what the marsh springs are and how they are formed. We also got to know some other characteristics of the Ljubljana Marsh and went 2 million years back into the past. We got to know how the Ljubljana Marsh came into being. I personally enjoyed the final part most when we used different materials to make our own models."

Zala Kramar, Ig Primary School

"The lecture was instructive. We heard many new things about the landscape in which we live. I liked the second part best when we were making models."

Tadej Tinta, Dr Ivan Korošec Borovnica Primary School

Looking at the marsh springs - looking at the future

The Ljubljana Marsh is an extremely complex landscape hiding its essence below the surface. The deep soil, consisting of different layers, and the groundwater create unique conditions.

The annual floods and soft marsh soil have not deterred humans from building houses, roads and railways or from farming on the marsh plain. However, such interventions have to be thought out well if they are to be successful. Houses in the Ljubljana Marsh have to be built on stilts, preloading dikes have to be built for roads, and rocks and stones have to be banked up behind railways. Farmers in the Marsh know very well that not every crop can grow in the marsh soil.

They are also aware that they need to carefully monitor the floods and prudently assess in which areas it makes sense to plant. In addition to what is grown in the marshy plain, it is also important how crops are planted and which products are used for spraying. The source of drinking water stored in the alluvial fan soil is extremely important for humans in and around the Ljubljana Marsh. Yet this source is not unlimited. Both the locals and experts point out that the level of the groundwater is dropping. At the same time, the locals say that ever since the intensive farming of corn began in the Marsh, they no longer dare drink the water from the marsh springs. The level of the groundwater and its quality in the marsh soil can be observed in the marsh springs.



Observations must be continuously recorded (Photo: Dejan Veranič)

The modification and loss of the marsh springs is a process that cannot be stopped. However, it can be studied and consequently better understood. The continuous monitoring of the phenomenon of the marsh springs and additional research to identify more precisely the causes and means of their creation are needed so as to arrive at a comprehensive picture of them. A better understanding of the phenomenon will also lead to a more positive attitude.

Information activities related to the marsh springs are hence of the utmost importance. The workshops on the subject that have already been conducted in certain schools in the area and with the local adult population have raised considerable interest. The main target group in the ongoing information activities should also include the owners of plots with marsh springs. The greatest gu-



ardians of the marsh springs could be the owners of plots who understand the phenomenon well and thus also appreciate it. The continuous monitoring of the marsh springs as a phenomenon in its entirety, scientific research and well informed locals also pave the way for sustainable tourism.

People are becoming more aware that drinking water is a priceless treasure that has to be protected. The better we understand where sources of drinking water are and how our activities have an impact on the quality of these sources, the more successful we will be in our efforts to protect them. A look through the marsh springs provides an insight into groundwater. A look at the marsh springs from the earliest times to the present uncovers the impact of human activity on the supply and quality of the groundwater. It is worth making an effort to preserve the marsh springs, as in this way we will also preserve a look at our own future.

River Iščica (Photo: Branko Čeak)

Impresum

Nakladnik:
Javna ustanova „Priroda“

Za nakladnika:
mr.sc. Sonja Šišić

Uredništvo:
Maša Bratina, Irena Jurić, Janez Kastelic, Čedomir Miler, mr.sc. Marko Randić, mr.sc. Sonja Šišić, Barbara Zupanc

Autori tekstova:
Maša Bratina, dr.sc. Mihael Brenčič, Patrik Krstinić, mr.sc. Marko Randić, Ranko Starac

Istraživanja:
dr.sc. Tomislav Bogdanović, Center za kartografijo favne in flore, Darija Josić, Hrvatsko herpetološko društvo - Hyla, Naravoslovnotehniška fakulteta - Oddelek za geologijo, Prirodoslovni muzej Rijeka, Udruga Jezero

Autori fotografija na koricama:
Patrik Krstinić, Marko Matešić, Dejan Veranič

Lektura slovenskog teksta: Marija Bratina
Lektura hrvatskog teksta i prijevodi:
Adverbum, Opatija

Grafičko oblikovanje:
Mladen Stipanović, studio smart69

Tisak:
Printera

Naklada:
1000 primjeraka

Rijeka, travanj 2016.

Publisher:
Priroda Public Institution

For the publisher:
Sonja Šišić M.Sc.

Editorial team:
Maša Bratina, Irena Jurić, Janez Kastelic, Čedomir Miler, Marko Randić M.Sc., Sonja Šišić M.Sc., Barbara Zupanc

Texts:
Maša Bratina, Dr.Sc. Mihael Brenčič, Patrik Krstinić, Marko Randić M.Sc., Ranko Starac

Raziskave:
dr.sc. Tomislav Bogdanović, Center za kartografijo favne in flore, Darija Josić, Hrvatsko herpetološko društvo - Hyla, Naravoslovnotehniška fakulteta - Oddelek za geologijo, Prirodoslovni muzej Rijeka, Udruga Jezero

Cover photos:
Patrik Krstinić, Marko Matešić, Dejan Veranič

Slovenian proofreading: Marija Bratina
Croatian proofreading and translation: Adverbum, Opatija

Layout:
Mladen Stipanović, studio smart69

Printed by:
Printera

Print run:
1000 copies

Rijeka, April 2016

Založnik:
Javna ustanova »Priroda«

Za založnika:
mr.sc. Sonja Šišić

Uredništvo:
Maša Bratina, Irena Jurić, Janez Kastelic, Čedomir Miler, mr.sc. Marko Randić, mr.sc. Sonja Šišić, Barbara Zupanc

Avtorji besedil:
Maša Bratina, dr.sc. Mihael Brenčič, Patrik Krstinić, mr.sc. Marko Randić, Ranko Starac

Researches:
Dr.Sc. Tomislav Bogdanović, Center za kartografijo favne in flore, Darija Josić, Hrvatsko herpetološko društvo - Hyla, Naravoslovnotehniška fakulteta - Oddelek za geologijo, Prirodoslovni muzej Rijeka, Udruga Jezero

Avtorji fotografij na platnicah:
Patrik Krstinić, Marko Matešić, Dejan Veranič

Lektura slovenskega besedila: Marija Bratina
Lektura hrvaškega besedila in prevodi: Adverbum, Opatija

Grafično oblikovanje:
Mladen Stipanović, studio smart69

Tisk:
Printera

Naklada:
1000 izvodov

Reka, april 2016

Table of contents

Uvod 3

Krške lokve otoka Krka 4

Povijest lokvi otoka Krka 5
Prirodne osobitosti krških lokvi 8
Životni ciklus krške lokve - taloženje sedimenta 9
Lokve - ovalne, kružne i prstenaste strukture u krajobrazu 14
Biljni svijet lokvi i malih močvara 17
Životinjski svijet lokvi 18
Kukci u lokvama 18
Vodozemci i gmazovi u lokvama i uz lokve 22
Ptice uz lokve 22
Šišmiši uz lokve 24
Ugroženost i zaštita lokvi 24

Barjanska okna 27

Krajinski park Ljubljansko barje 29
Voda - temeljni element Ljubljanskog barja 33
Barjanska okna - jedinstveni vodni fenomen 36
Značenje barjanskih okana nekad i danas 39
Poučna staza o barjanskim oknima 42
Radionice o barjanskim oknima 44
Pogled kroz barjanska okna - pogled u budućnost 45

Uvod 48

Kraški kali na otoku Krku 49

Zgodovina kalov na otoku Krku 49
Naravne značilnosti kraških kalov 52
Življenjski cikel kraškega kala - kopičenje sedimentov 52
Kali - ovalne, krožne in prstanaste strukture v krajini 53
Rastlinski svet kalov in malih močvirij 54
Živalski svet kalov 55
Žuželke v kalih 55
Dvoživke in plazilci v kalih in ob kalih 56
Ptice ob kalih 57
Netopirji ob kalih 59
Ogroženost in zaščita kalov 59

Barjanska okna 61

Krajinski park Ljubljansko barje 63
Voda - temeljni element Ljubljanskega barja 67
Barjanska okna - edinstven vodni pojav 71
Pomen barjanskih oken nekoč in danes 74
Učna pot o barjanskih oknih 77
Delavnice o barjanskih oknih 78
Pogled skozi barjanska okna - pogled v prihodnost 79

Introduction 82

Karst ponds of the island of Krk 83

The history of the ponds on the island of Krk 83
Natural features of karst ponds 87
Lifecycle of a karst pond - sediment accumulation 87
Ponds - oval, circular and annular structures in the landscape 89
The plant life of ponds and small marshes 90
Pond fauna 91
Insects in ponds 91
Amphibians and reptiles in and around ponds 95
Birds at the ponds 95
Bats at the ponds 97
Vulnerability and protection of ponds 97

The marsh springs 100

Ljubljana Marsh Nature Park 102
Water - the main element of the Ljubljana Marsh 104
The marsh springs - a unique water phenomenon 108
The importance of the marsh springs in the past and today 113
Marsh spring educational trail 117
Marsh spring workshops 118
Looking at the marsh springs - looking at the future 119

CIP zapis je dostupan u računalnome katalogu Nacionalne i sveučilišne knjižnice u Zagrebu pod brojem 000930121.

ISBN 978-953-8117-00-8



Očuvanje i promocija vodenih biotopa - lokve i barjanska okna za budućnost - Lokna
Ohranitev in promocija vodnih biotopov - kali in barjanska okna za prihodnost - Lokna
Preservation and promotion of water biotopes - ponds and marsh springs for the future - Lokna



SI HR
EVROPSKO TERITORIALNO SODELOVANJE
EUROPSKA TERITORIJALNA SURADNJA

GEODETSKI INŠTITUT SLOVENIJE

Naložba v vašo prihodnost
Operacijo delno financira Evropska unija
Evropski sklad za regionalni razvoj

Ulaganje u vašu budućnost
Operaciju dijelomično financira Europska unija
Europski fond za regionalni razvoj

Ljubljansko barje
KRAJINSKI PARK

Primorsko-goranska županija
Priroda

GRAD KRK

Lokna

ISBN 978-961-95-8417-00-8