

HIDROGEOLOŠKA ISTRAŽIVANJA ZA POTREBE HRVATSKIH VODA U CILJU OBNOVE LOKVI U OKVIRU PROJEKTA “LIFE FOR MAUREMYS”

mr. sc. Daria Čupić, dipl. ing. geol., mr. sc. Alena Vlašić, dipl. ing. bioteh.



1. UVOD

Life for Mauremys (LIFE21-NAT-HR-LIFE for Mauremys) četverogodišnji je projekt pokrenut 2022. godine s ciljem poboljšanja nepovoljnog statusa zaštite slatkovodne riječne kornjače (*Mauremys rivulata*) u Hrvatskoj. Projekt je osmišljen kako bi se prepoznali svi uzroci smanjenja brojnosti *Mauremys rivulata* na četiri područja u Dubrovačko-neretvanskoj županiji (Stonsko polje, Majkovi, Prljevići i Konavle), što uključuje sve poznate hrvatske populacije uz istodobno jačanje istih programom potpomognutog razmnožavanja. Nositelj projekta je Sveučilište u Zagrebu Agronomski fakultet, a partneri su Javna ustanova za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode Dubrovačko-neretvanske županije, Ustanova zoološki vrt grada Zagreba, Hrvatske vode i Udruga Hyla. Ukupna vrijednost projekta je 2.131.407,11 EUR. Sufinanciranje EU LIFE program je 60 % i iznosi 1.278.844,26 EUR, a sufinanciranje Fonda za zaštitu okoliša i energetska učinkovitost 267.731,00 EUR.

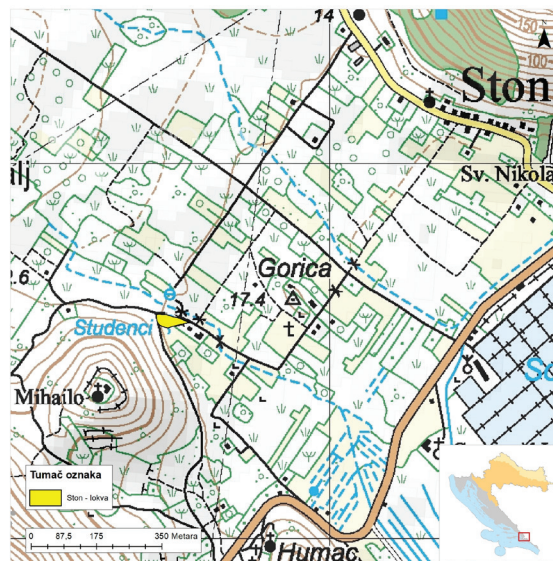
Projekt obuhvaća potpunu obnovu staništa najteže degradiranih lokvi i dodatnih vlažnih staništa na četiri područja Natura 2000 (2.850 hektara), poboljšanje kakvoće i povezanosti staništa, uklanjanje invazivnih stranih vrsta, osiguranja mjesta za gniježđenje kornjača od predatora i invazivne poljoprivredne prakse te program uzgoja mladunaca *Mauremys rivulata* u Zagrebačkom zoološkom vrtu koji će do kraja projekta biti spremni za puštanje na jedno od projektnih područja.

Hrvatske vode kao projektni partner zadužene su za aktivnosti iz radnog paketa broj dva (WP2) – T.2.3. Obnova lokvi i kanala, koje uključuju obnovu tri lokve (lokva u Majkovima – crkva), lokva u Prljevićima i lokva Ston refugij (lokva koju je potrebno rekonstruirati) i najvažnijih kanala uz navedene lokve. Osim navedenog, u okviru praćenja staništa zadužene su i za provođenje monitoringa staništa na svih pet područja projekta, koji obuhvaća analizu bioloških pokazatelja makrofita i makrozoobentosa tijekom četiri godine trajanja projekta.

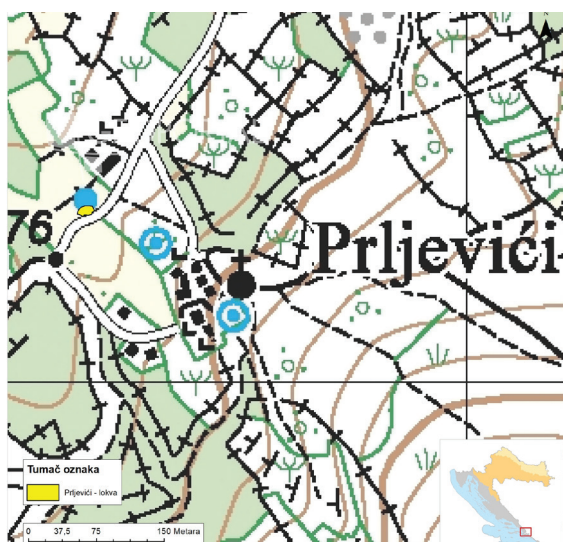
Za lokve u naselju Majkovi, zaselku Majkovi (u



Slika 1a: Lokve u Majkovima (crkva i DVD)



Slika 2: Rekonstrukcija lokve u Stonskom polju – Stonski refugij



Slika 1b: Lokva u Prljevićima

daljnjem tekstu lokva Majkovi crkva i lokva Majkovi (DVD) i lokvu u naselju Majkovi, zaselku Prljevići je temeljem Zakona o zaštiti prirode donesena Uredba o proglašenju posebnog rezervata Lokve u Majkovima (NN 13/2022) od 27. 1. 2022., radi očuvanja populacije riječne kornjače (*Mauremys rivulata*) koja je jedna od najrjeđih i najugroženijih vrsta gmazova u Republici Hrvatskoj te je područje zaštićeno u kategoriji posebnog herpetološkog rezervata. Zaštita ovog područja u kategoriji posebnog rezervata od državnog je značaja čime se ostvaruju preduvjeti za dugotrajno očuvanje krških lokvi i njihove bioraznolikosti. Prema geodetskoj podlozi utvrđena je površina posebnog rezervata od 1,67 ha.

U prošlosti se u Stonskom polju nalazila lokva koja je bila stanište riječne kornjače i imala je stalni dotok vode iz obližnjeg izvorišta. Nakon kaptaza izvorišta za potrebe vodoopskrbe lokva je presušila i tek je minimalno ispunjena vodom. Projektom LIFE

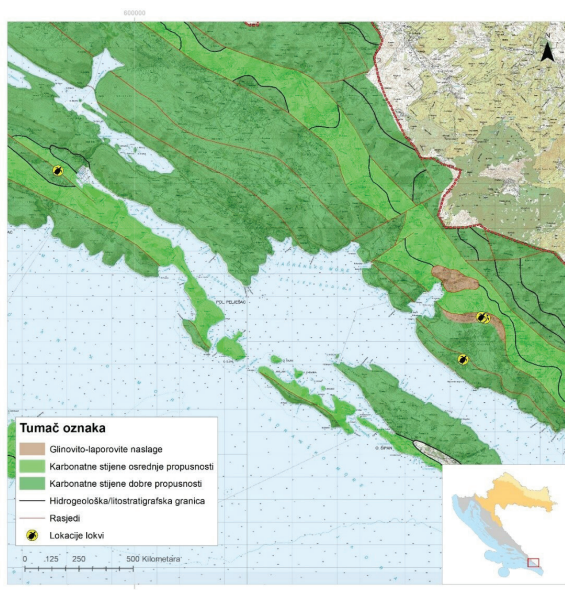
for Mauremys predviđena je rekonstrukcija lokve u Stonskom polju – Stonski refugij, kao i najvažnijih kanala oko lokve te priskrblijanje odgovarajuće količine vode na samoj parceli temeljem Sporazuma o upravljanju i korištenju zemljišta u okviru Projekta "LIFE for Mauremys" potpisanog u studenom 2021. godine, između partnera na projektu i vlasnika zemljišta. Kako bi lokva Stonski refugij bila spremna za prihvrat mladih kornjača, kanali i lokva na području Stonskog polja prvi su predviđeni za obnovu. Vremenski raspored za ostale lokacije uslijedit će nakon razdoblja isušivanja kako bi postupak bio minimalno invazivan za nastanjene vrste.

2. MATERIJALI I METODE

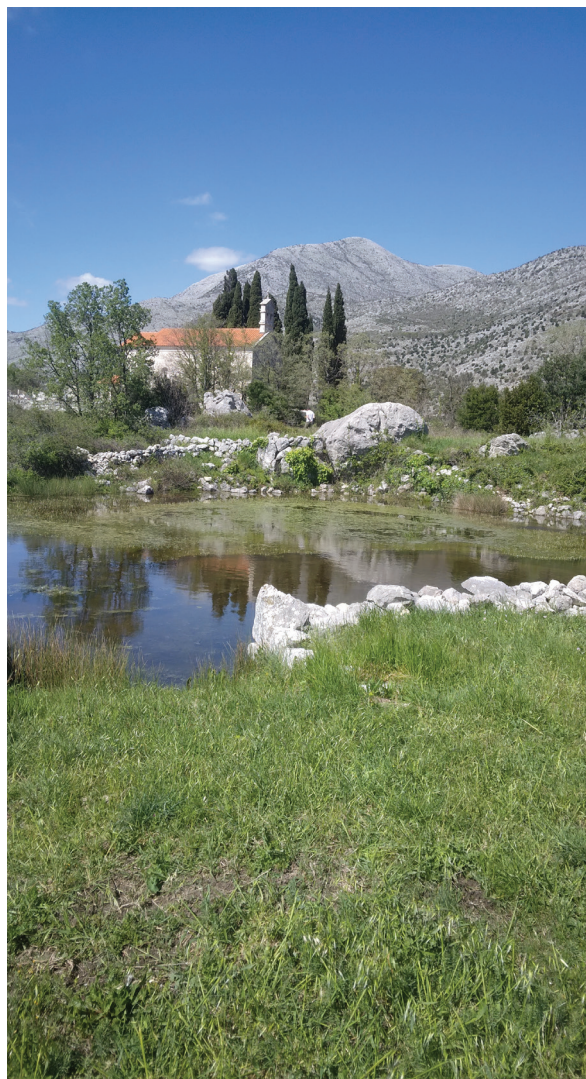
2.1. Geomorfologija, geologija i hidrogeologija područja

Obalni reljef sličan je glavnini ostalog dijela hrvatske obale s dinarskim smjerom pružanja u pravcu sjeverozapad – jugoistok. U sastavu obalnih stijena prevladavaju vapnenci, dolomit, fliš i naplavni materijal. Vapnenci su većinom na uzvisinama, dolomiti u strmim odsjecima i udubljenjima, fliševi u blago položenim padinama, a naplavine u nizinskim dijelovima, odnosno poljima. Današnji odnos kopna i mora nastaje u glacioeustatičkim izdizanjem morske razine u postpleistocenu. Od unutrašnjosti prema obali smjenjuju se gornjokredni vapnenci, jurski vapnenci, gornjotrijaski dolomit, eocenski fliš i vapnenci, koji se djelomično na obali i otocima nastavljaju na kredne vapnence i dolomite, a samo mjestimično prelaze u naplavnu aluvijalnu ravnicu. Iz priloženog se vidi da najveći dio izgrađuju karbonatne stijene s dominantnom ulogom vapnenca.

Intenzivni tektonski pokreti i krški procesi oblikovali su kolektorsku sredinu. Procesom okršavanja, stijene su zahvaćene do velike dubine, pa su u podzemlju razvijeni kanali i šupljine i vrlo gusta mreža povezanih pukotina.



Slika 3: Hidrogeološka karta područja



Slika 4: Lokva u Majkovima



Slika 5: Ston refugij – rekonstrukcija lokve



Slika 6: Lokva u Prljevićima



Slika 7: Primjer ispitivanja debljine vode i sedimenata pomoću metalnih šipki u lokvi Prljevići (izvor HGI)



Slika 8: Uzorkovanje neporemećenog slijeda sedimenta utiskivanjem (izvor HGI)

Glavna karakteristika krškog područja je da sva oborinska voda koja padne odmah ponire u podzemlje. Otjecanje podzemnih akumuliranih voda u vapnencu prema nižim razinama sprečavaju naslage nepropusnih i slabo propusnih stijena različitih litoloških formacija. Dolomiti i dolomitni vapnenci trijasa, jure i krede ili eocenske diluvijalne naslage poput barijere zaustavljaju podzemne tokove te ih usmjeravaju da se pojavljuju kao izvori ili tokovi podzemne vode koji u moru izviru kao vrulje. Osobito velike količine vode istječu na izvorima u toku vlažnog razdoblja, posebno u Malostonskom zaljevu, u uvali Bistrina, na području između Dola i Slanog i na području Konavala.

Na niže prikazanoj karti vidi se da se Stonski refugij nalazi na kontaktu karbonatnih stijena dobre i osrednje propusnosti, gdje prolazi i rasjed pružanja SZ – JI, stoga je na lokaciji i izvorište, kontakt propusnih i slabije propusnih stijena. Dvije lokve u Majkovima (crkva i DVD) nalaze se na glinovito-laporovitim naslagama, a na fotografiji obiju lokvi vide se izdanci dolomita, što svjedoči o nepropusnoj čvrstoj podlozi, koja je i



Slika 9: Uzorkovane dvije jezgre iz lokve Prljevići (izvor HGI)

uvjetovala prirodno nastanak lokvi, koje su poslije skupljale oborinsku vodu. S time da je lokva pokraj DVD-a na nekim dijelovima dublja (procjena oko 3m), a lokva pokraj crkve plića, dubine od oko 1,5 m.

Lokva u Prljevićima nalazi se na karbonatima dobre propusnosti prema hidrogeološkoj karti i rasjedu pružanja SZ – JI. Vjerojatno se nalazi na izdanku dolomita, gdje se istaložio mulj i formirao se nepropusni sloj, stoga se oborine zadržavaju.

2.2. Cilj i namjena hidrogeoloških istraživanja

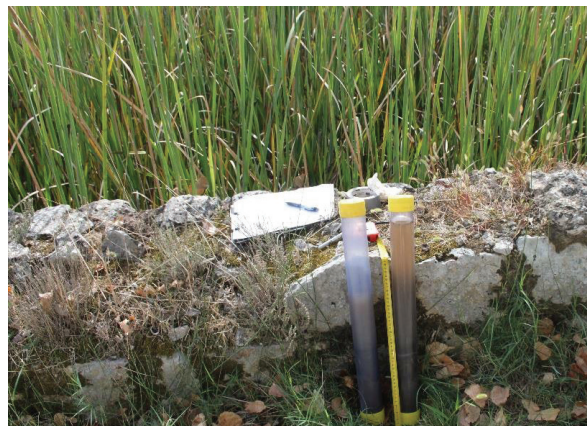
Cilj hidrogeoloških istraživanja bila je izrada podloge za projekt rekonstrukcije lokve Stonski refugij i obnove lokve u Majkovima kod crkve i Prljevićima. Obnova lokve i kanala na projektnom području u Stonskom polju važna je za uspješno nastanjanje životinja koje će biti ponovno uvedene zahvaljujući aktivnostima planiranim na radnom paketu broj dva (WP2), odnosno nakon programa potpomognutog uzgoja u ZOO-u. U svrhu rekonstrukcije i obnove lokvi bit će potrebno adekvatno čišćenje do nepropusnog sloja koji mora ostati nenarušen. Dio

Tablica 1: Jezgre sedimenata uzrokovane u trima lokvama istraživanog područja

Lokacija	Datum	Uzorkovane jezgre	Dubina vode	Koordinate WGS	
MAJKOVI- CRKVA LOKVA	19.9.2023.	MAJ 0-85 cm (+5 cm kruna)	30 cm	42° 46' 25.9752"	17° 54' 36.9426"
		MAJ 100-200 cm (+5 cm cc + 2 cm kruna)			
PRLJEVIĆI LOKVA	19.9.2023.	PRLJ-1 0-45 cm	60 cm	42° 45' 24.8724"	17° 53' 59.2512"
		PRLJ-2 0-37 cm	60 cm		
STON LOKVA, STONSKO POLJE	19.9.2023.	ST-1 0-22 cm	30 cm	42° 50' 5.5782"	17° 40' 53.8674"
		ST-2 0-23 cm	30 cm	42° 50' 5.5932"	17° 40' 53.976"



Slika 10: Određivanje preciznih koordinata u Stonskom refugiju (izvor HGI)



Slika 11: Uzorkovane neporemećene jezgre sedimenata Stonskog refugija (izvor HGI)

sloja mulja vadit će se kako bi se dno lokve produbilo i pročistilo. U prošlosti su se lokve redovito održavale u svrhu izvora vode za stoku i poljoprivredne aktivnosti. Danas su vidno zapuštene, što se vidi iz fotografija, budući da se stanovništvo sve više okreće drugim gospodarskim djelatnostima (npr. turizam).

Kod svake lokve napravljena su ova istraživanja:

- detaljnije hidrogeološki su okarakterizirane lokve uz njihovo detaljnije kartiranje kako bi se shvatila hidrologija svake od lokvi
- izmjerene su dubine lokvi u dva profila, uzdužno i poprečno, te se utvrdilo na kojoj se dubini nalazi čvrsta stijena
- uzeti su neporemećeni uzorci sedimenata, odnosno mulja, neinvazivnim metodama (bez bušenja), kako bi se procijenilo koji se dio sedimenata može odstraniti i, ako je dobre kvalitete, postoji li mogućnost odlaganja na obližnje poljoprivredne parcele.

Hrvatski geološki institut proveo je detaljno geomorfološko, geološko i hidrogeološko istraživanje predmetnih lokaliteta. Obavljena su hidrogeološka istraživanja triju lokacija: Majkovi crkva lokva, Prljevići lokva i Ston lokva u Stonskom polju. Uzeti su neporemećeni uzorci sedimenata i tla iz lokvi te su geokemijski karakterizirani, ispitana je i procijenjena njihova debljina, a hidrogeološki je analiziran odnos



Slika 12: Uzorkovanje pomoću udarne bušilice Eijkelkamp Cobra u lokvi u Majkovima (izvor HGI)

tla i stijene, njihova hidraulička vodljivost i mogućnost dodavanja vode u lokve u vrijeme hidroloških minimuma. Na osnovu dobivenih rezultata Hrvatski geološki institut donio je odgovarajuće zaključke prezentirane u trima elaboratima na predmetnim lokacijama u okviru hidrogeoloških studija za rekonstrukciju lokve Stonski refugij, obnove lokve u Majkovima kod crkve te u Prljevićima, kao i preporuke na koji način pristupiti potrebnim zahvatima na i u tlu akumulacije, odnosno buduće lokve staništa za kornjače.

2.3. Terensko istraživanje hidrogeoloških istraživanja

Terensko istraživanje lokvi proveo je u periodu od 19. do 20. rujna 2023. godine Hrvatski geološki institut, u suradnji i dogovoru s Javnom ustanovom za upravljanje zaštićenim dijelovima prirode Dubrovačko-neretvanske županije. Izvršena su ispitivanja dubine vode i debljine sedimenata u lokvama pomoću sklopivih metalnih šipki (slika 7). Uzorkovanje sedimenata u lokvama izvršeno je pomoću udarnog bušenja (neinvazivna metoda) u lokvi Majkovi, dok se u lokvama Prljevići i Ston sediment uzorkovan ručno utiskivajući prozirnu cijev na dno lokve. Totalnom GPS stanicom (Kolida) odredile su se točne koordinate uzorkovanja, kao i obuhvati vodene površine u lokvama. Nakon prikupljenih jezgri sedimenata pristupilo se laboratorijskoj obradi tih jezgri, pripremi uzoraka za analize i provedba samih analiza te interpretacija podataka.

2.4. Laboratorijske metode istraživanja

Jezgre sedimenata u kratkim prozirnim cijevima (<50 cm) uzorkovane su u laboratoriju pomoću ekstrudera za



Slika 13: Izvađene dvije jezgre sedimenata iz lokve Majkovi (izvor HGI)

kratke jezgre u 5 ili 10-centimetarskim intervalima (PRLJ-1 i 2, ST-1). Duža jezgra sedimenata (MAJ-1) u sivim metarskim cijevima, koja je uzeta u lokvi Majkovi crkva, prepiljena je na dvije polovice – arhivsku i radnu. Jedna je polovica potom fotografirana pomoću fotoaparata Canon EOS 500D i uzorkovana u 25-centimetarskim intervalima.

Granulometrijske analize učinjene su na laserskom difraktometru, Shimadzu Laser Diffraction Particle Size Analyzer SALD-2300 (program WingSALD II-2300) raspona mjerenja od 17 nm do 2500 µm.

Mineraloške analize (XRD analize) učinjene su na rendgenskom difraktometru, PANalytical X'Pert Powder. Mineraloške analize uključivale su kvalitativne fazne analize praha ukupnih (bulk) uzoraka. Uzorci su prije mjerenja fino usitnjeni u ahatnom tarioniku te pakirani u aluminijske nosače za mjerenja na rendgenskom difraktometru.

Za palinofacijsne analize korištena je kvantitativna metoda procjene relativnog odnosa pojedinih tipova kategorija. Sredina taloženja je interpretirana na temelju palinofacijsnih značajki, kao i facijsne distribucije sporomorfa, dinosporinskih cista i prazinofocejskih fikoma (Tyson 1995; Batten 1996). Organski klasti analiziranih uzoraka klasificirani su u glavne grupe: fitoklasti, zooklasti, palinomorfi i amorfna organska tvar (AOM).

Geokemijske analize sedimenata, i to analize metala (As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, Zn), napravio je akreditirani laboratorij Hidro.Lab. d.o.o. – Laboratorij za ekološka ispitivanja iz Kastva, Hrvatska. Korištena je metoda prema normi HRN EN ISO 11885:2010.

Analize dušika i ugljika (N,TC,TOC,TIC) napravljene su na CN analizatoru za tla i sedimente Thermo Fischer Scientific, Flash 2000 NC Analyzer (program Eager Xperience). Analiza organskih onečišćivača (PAH i PCB, pesticidi) sedimentima napravljene su u komercijalnom akreditiranom laboratoriju Hidro.Lab. d.o.o. – Laboratorij za ekološka ispitivanja iz Kastva, Hrvatska. PCB-ovi su analizirani metodom HRN EN 17322:2020, dok su PAH-ovi analizirani vlastitom metodom, RU-M-54, izd. 06/18 od 25. 8. 2018. Rezultati su prikazani u mg/kg suhe tvari. Sediment je analiziran na sadržaj ukupno sedam PCB-ova: PCB 28, PCB 52, PCB 101, PCB 118, PCB 138, PCB 153, PCB 180.

Ukupno je analizirano 16 PAH-ova: naftalen, acenaftilen, acenaften, fluoren, fenantren, antracen, fluoranten, piren, benzo(a)antracen, krizen, benzo(b)fluoranten, benzo(k)fluoranten, benzo(a)pirene, indenopirene, dibenz(a,h)antracen, benzo(ghi)perilen.

Analize sedimenata na pesticide napravljene su u laboratoriju ALS Czech Republik, s.r.o. iz Češke. Pesticidi su analizirani metodom S-PESLMS02, a organoklorni pesticidi metodom S-OCPECD01. Svi su rezultati izraženi u mg/kg suhe tvari. Analizirani su amidni pesticidi i njihovi metaboliti, azole pesticidi, karbamati i njihovi metaboliti, nikotinoidni pesticidi, fenoksi pesticidi, triazin pesticidi i njihovi metaboliti, urea pesticidi,

organoklorirani pesticidi, organofosforni pesticidi te drugi pesticidi.

Mikrobiološka analiza napravljena je pregledom uzoraka pod mikroskopom i identifikacijom vrsti prisutnih bakterija enterokoki i *Escherichie coli*. Analize su napravljene prema metodi S-ENTCO za enterokoki i S-EC za *Escherichiju coli*, u laboratoriju ALS Czech Republik, s.r.o. iz Češke. Rezultati su izraženi u broju kolonija po gramu, CFU/g (*colony-forming unit*).

3. REZULTATI

U lokvi Majkovi crkva, najveća dubina vode u trenutku mjerenja (rujan 2023. godine) iznosila je 30 cm, u lokvi Prljevići 60 cm, dok je u istočnom dijelu lokve Ston refugij izmjereno 30 cm vode.

Utvrđeno je da je debljina sedimenta u lokvi Majkovi crkva do 2 m do nepropusne podloge, u lokvi Prljevići do 50 cm, dok je u istočnom dijelu lokve Ston refugij utvrđeno da je debljina sedimenta 30 cm do čvrste podloge. Volumen sedimenta u lokvi Majkovi crkva iznosi 588 m³, u lokvi Prljevići ukupni sediment iznosi 78,75 m³, a u Stonskom polju u istočnom dijelu iznosi 36 m³.

Palinofacijsne analize uzoraka iz triju lokvi (lokva u Majkovima kod crkve, lokva u Prljevićima i lokva Ston refugij) ukazale su na kopneni slatkovodni okoliš s velikim donosom biljnog materijala. Naime, u svim uzorcima prevladavaju fitoklasti, više ili manje degradirani, ovisno o tome koliko su dugo bili pod određenim uvjetima (oksičnim/anoksičnim). Oko lokvi je uglavnom egzistiralo zeljasto bilje osim u uzorku ST-1 0-5,5 cm gdje je egzistiralo i drvenasto bilje. U lokve u Majkovima i Prljevićima donasan je erodirani fliški materijal iz zaleđa. Antropogeni utjecaj nije zapažen u organskom ostatku.

Analizirani sedimenti sadrže kalcit kao dominantnu mineralnu fazu te kvarc kao najznačajniju siliciklastičnu komponentu. Sedimenti iz lokve Majkovi crkva sadrže i značajne količine minerala glina. Sedimenti iz lokve Majkovi crkva i donji dio sedimenata iz lokve Prljevići određeni su kao sitni silt, srednji silt je uzorak sedimenta donjeg dijela Stonskog polja, dok su krupni silt sedimenti u gornjem dijelu lokve Prljevići i gornji dio u Stonskom polju i uzorak tla ST-3.

Sadržaj ukupnog organskog ugljika (TOC-a) u sedimentima je povišen u površinskim uzorcima (od 3 do 8 %) i smanjuje se prema dubljim dijelovima jezgri, gdje iznosi od 0,3 do 2,8 %. Najviše vrijednosti zabilježene su u sedimentima iz lokve Prljevići u cijeloj jezgri u duljini od 36 cm te se ne smanjuju ispod 3,46 %.

Analize sedimenata iz istraživanih lokvi na teške metale i potencijalno onečišćujuće elemente pokazale su da su koncentracije Cd, Cu, Hg, Pb, Zn, Mo, As i Co ispod maksimalno dopuštenih količina za poljoprivredna zemljišta. Povišene su vrijednosti Cr i Ni, što je posljedica prirodnog obogaćenja izvorišnih materijala za tla na krškom području južne Dalmacije (crvenice i fliš), a koje karakterizira visok geogeni sadržaj Ni i Cr budući

da su nastala trošenjem bazičnih i ultrabazičnih stijena (Halamić et al. 2012).

Analize organskih onečišćujućih tvari pokazale su da ne postoji ekološki rizik od policikličkih aromatskih ugljikovodika (PAH-ova), polikloriranih bifenila (PCB-ova) i pesticida. Također, ispod granice detekcije su bakterije enterokoki i *Escherichije coli*, osim *E. coli* u uzorcima sedimenata iz Stonskog polja, koje tamo iznose 20. Navedene analize ukazuju na to da sedimenti nisu bakteriološki onečišćeni.

Zbog vjerojatne zapunjenosti pukotina stijenske mase istovjetnim materijalom, te uz morfološke predispozicije, stvaraju se lokve ovakvog tipa. U Majkovima i Prljevićima dobrim dijelom taj talog značajno doprinosi postojanju lokava, dok je u slučaju lokve Ston refugij to manje izraženo, no podzemne vode (krške) znatno su bliže površini terena i do problema dolazi kada se u hidrološkom minimumu značajno spuste (pojačano učincima crpljenja zdenca Studenac).

4. ZAKLJUČAK

Navedena hidrogeološka istraživanja osigurala su potrebne podatke za sigurnu i uspješnu intervenciju u nepropusnom sloju lokvi, posebice u aktivnostima kopanja i vađenja mulja u svrhu produbljivanja lokvi.

Nakon hidrogeoloških istraživanja slijedi izrada idejnog rješenja rekonstrukcije akumulacije Stonski refugij i njeno pretvaranje u stanište slatkovodnih riječnih kornjača (*Mauremys rivulata*) što podrazumijeva multidisciplinarnu obradu svih vezanih tema. Analiza postojećeg stanja, jednako kao i traženo idejno rješenje, moraju predvidjeti izvediv i funkcionalan prostorni, hidrološki i biološki okvir koji će omogućiti život slatkovodnim kornjačama. Obnova lokva i kanala te čišćenje na projektnim područjima važna je za uspješno nastanjivanje životinja koje će biti ponovno uvedene zahvaljujući aktivnostima planiranim na radnom paketu broj dva (WP2), odnosno nakon programa potpomognutog uzgoja u ZOO-u. ■

LITERATURA

Batten, D. J. 1996. Palynofacies and palaeoenvironmental interpretation. *Palynology: Principles and Applications*.- Am. Assoc. Stratigr. Palynol. Found. Ur. Jansonius, J.; McGregor, D. C. 3: 1011–1064.

Bojanić, L. i suradnici 1984. Hidrogeološka studija područja Metković-Dubrovnik-Konavle. Arhiv Hrvatskog geološkog instituta. 11/86/84.

Brooks, J. & Shaw, G. 1972. Geochemistry of sporopollenin. *Chem. Geol.* 10: 69–87.

Goatti, V. 1989. Hidrogeološki istražni radovi – bunar u Stonu. Hidrogeološki nadzor za vrijeme izvođenja radova i pokusnog crpljenja objekta. Arhiv HGI 55/89.

Goatti, V. 1991. Vodoistražni radovi na području Stona. Crpljenje kopanog bunara u Stonu. Arhiv HGI 72/91.

Goatti, V.; Biondić, B. 1985. Vodoistražni radovi na području Stona. Arhiv HGI 126/85. Halamić, J. & Miko, S. (eds.) 2009. *Geokemijski atlas Hrvatske*. Croatian Geological Survey. Zagreb. Str. 87.

Hrvatski geološki institut 2023. Izvješće projekta "Izrada hidrogeološke studije za tri lokacije na projektu LIFE for Mauremys – lokva Majkovi"

Hrvatski geološki institut 2023. Izvješće projekta "Izrada hidrogeološke studije za tri lokacije na projektu LIFE for Mauremys – lokva Prljevići"

Hrvatski geološki institut 2023. Izvješće projekta "Izrada hidrogeološke studije za tri lokacije na projektu LIFE for Mauremys – lokva Ston refugij"

Institut za geološka istraživanja, Zagreb. 2002. 4. Hidrogeološka karta 1:600.000.

Raić, V.; Papeš, V. & Ahac, A.; Korolija, B.; Borović, I.; Grimani, I.; Marinčić, S. 1980. Osnovna geološka karta SFRJ. List Ston. M 1:100.000. Geoinženjering OOUR Institut za geologiju, Sarajevo i Institut za geološka istraživanja, Zagreb.

Rončević, R. 1955. Melioracija stonskog polja – idejni projekt. Projekt. Projektno poduzeće. Zagreb. 3277–1955.

Slišković, I. 2009. Osnovna hidrogeološka karta – list Ston. Radni materijal, neregistrirano. Hrvatski geološki institut.

Terzić, J. 2006. Hidrogeologija jadranskih krških otoka. Disertacija. Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu. 220 str.