



Kvalifikacijski doktorski ispit

Prilagodba klimatskim promjenama kroz praćenje hidrološkog režima šireg područja Imotskog polja

Adrijana Vrsalović, mag. ing. aedif.

Poslijediplomski sveučilišni (doktorski) studij Građevinarstvo

Split, studeni 2021.



Sadržaj

| | |
|---|---|
| 1. Klimatske promjene | 2 |
| 1.1. Globalne klimatske promjene | 2 |
| 1.2. Klimatske promjene u Hrvatskoj | 2 |
| 1.3. Scenariji klimatskih promjena | 3 |
| 1.4. Ranjivost uslijed klimatskih promjena..... | 5 |
| 2. Problematika istraživanja..... | 6 |
| 2.1. Uvod..... | 6 |
| 2.2. Područje istraživanja..... | 6 |
| 2.3. Pregled postojeće literature o području istraživanja | 7 |
| 3. Planirani tijek istraživanja..... | 9 |

1. Klimatske promjene

1.1. Globalne klimatske promjene

Klimatske promjene prema Međuvladinom povjerenstvu za klimatske promjene (IPCC, 2007) definiraju se kao statistički značajne promjene stanja klime izražene promjenama srednjih vrijednosti i/ili varijabilnosti promatranih svojstava, a koje traju kroz duže vremensko razdoblje (desetljeće ili više). Obuhvaćaju promjene uzrokovane prirodnim i vanjskim čimbenicima, ali i one nastale antropogenim djelovanjem.

Zamijećene klimatske promjene, objavljene u šestom izvješću IPCC-a (IPCC, 2021), su povećanje globalne površinske temperature od 1.09 °C u razdoblju od 2011.-2020. u odnosu na razdoblje 1850.-1900., povećanje prosječnih količina oborina na kopnu, smanjenje površina prekrivenim ledom za 40% u rujnu i 10% u ožujku u razdoblju od 2010.-2019. u odnosu na razdoblje 1979.-1988. te porast srednje razine mora od 0.2 m od 1901. do 2018. godine s većom tendencijom porasta od 3.7 mm godišnje između 2006. i 2018. godine.

1.2. Klimatske promjene u Hrvatskoj

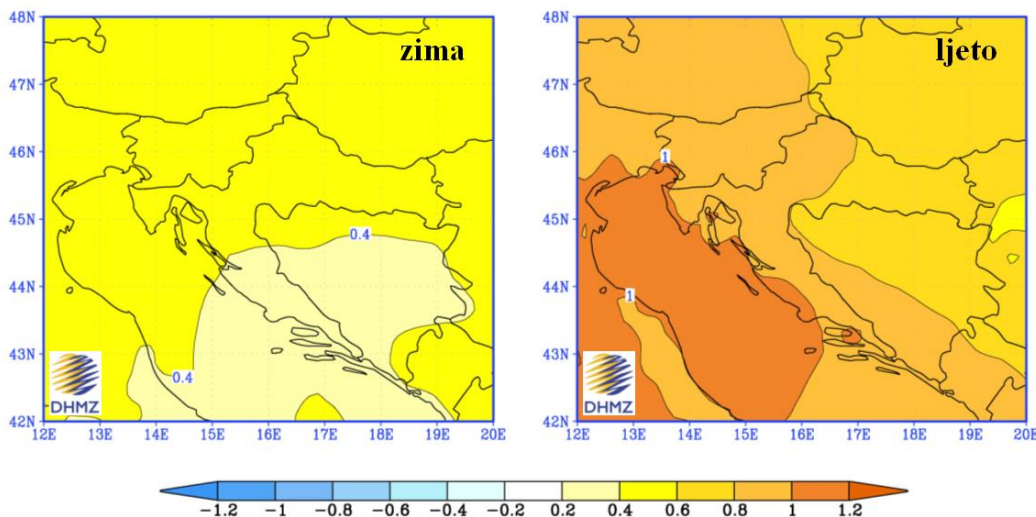
Prema petom nacionalnom izvješću Republike Hrvatske (Branković i ostali, 2009) opažene klimatske promjene na temelju podataka sa mjernih postaja u Zagrebu, Gospiću, Crikvenici, Hvaru i Osijeku bilježe porast temperaturnog trenda, osobito zadnjih 50 godina, te trend smanjenja oborina koji je izraženiji na Jadranu nego u samoj unutrašnjosti. Sedmo nacionalno izvješće (DHMZ, 2018) potvrđuje već navedeno, trendovi temperature zraka (srednje, srednje minimalne i srednje maksimalne) tijekom pedesetogodišnjeg razdoblja (1961.-2010.) pokazuju zatopljenje u cijeloj Hrvatskoj s time da je najvećim promjenama bila izložena maksimalna temperatura zraka. Sezonski te godišnji trend maksimalnog trajanja sušnih i kišnih razdoblja ukazuje na vremenske promjene istih, gdje je trend izražen kao odstupanje po dekadi u odnosu na srednjak iz klimatološkog razdoblja 1961.-1990. godina (%/10godina). Uočava se statistički značajan trend smanjenja uzastopnih broja dana s dnevnom količinom oborina manjom od 1 mm (CDD1) te manjom od 10 mm (CDD10) u jesenskim mjesecima. Tokom ljetnih mjeseci pojavljuje se statistički značajan trend sušnih razdoblja kategorija CDD1 i CDD10 duž južnog Jadrana te prve kategorije (CDD1) u istočnoj Slavoniji. U istom razmatranom pedesetogodišnjem periodu (1961.-2010.) kišna razdoblja ukazuju na prostornu heterogenost sezonskog i godišnjeg trenda. Ipak je uočljiva tendencija povećanja broja uzastopnih dana s dnevnom količinom oborina većom od 1 mm (CWD1) za područje istočne Slavonije i sjeverozapadne Hrvatske, kao i trend smanjenja kišnih razdoblja CWD1 za sjeverni Jadran i Gorski kotar. Kišna razdoblja kategorije CWD10 (broja uzastopnih dana s dnevnom količinom oborina većom od 10 mm) ukazuju na negativan trend za sjeverni i srednji Jadran te pozitivan trend za južni Jadran.

Zamijećene klimatske promjene za šire područje Imotskog polja prema Sedmom nacionalnom izvješću (DHMZ, 2018) ukazuju na statistički značajno povećanje sušnih

razdoblja kategorije CDD1 od 10-30%/10 godina na razini godine te čak do 30%/10 godina ljeti. Sušno razdoblje kategorije CDD10 bilježi povećanje od 5-10%/10 godina tokom godine te 10-30%/10 godina tijekom ljetnih mjeseci. Kišna razdoblja kategorija CWD1 i CWD10 ukazuju na tendenciju porasta od 5-10%/10 godina na razini godine te tendenciju smanjenja u istoj vrijednosti na razini ljeta. Dekadni trend količina oborina bilježi smanjenje količine oborina za 5% na razini godine te čak 15% tijekom ljetnih mjeseci.

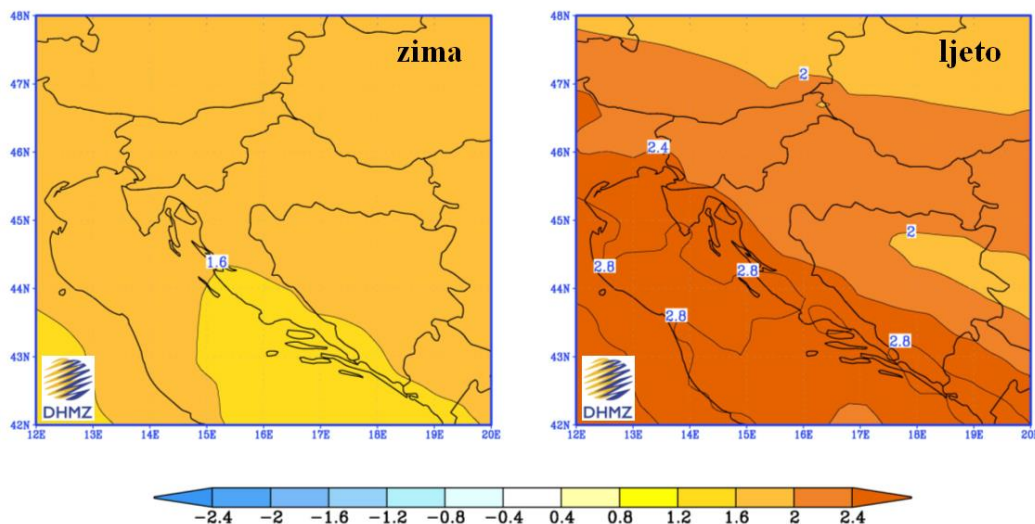
1.3. Scenariji klimatskih promjena

Prema Državnom hidrometeorološkom zavodu (DHMZ) i rezultatima regionalnih klimatskih modela (RegCM) projicirane klimatske promjene izrađene su za prvo (2011.-2040.) i drugo (2041.-2070.) razdoblje buduće klime uzimajući u obzir dva scenarija razvoja koncentracije stakleničkih plinova u budućnosti RCP4.5 te RCP8.5 (DHMZ, 2018). Umjerenijim scenarijem RCP4.5 očekuje se smanjenje srednje razine koncentracije stakleničkih plinova, dok se ekstremnim scenarijem RCP8.5 očekuje kontinuirano povećanje koje bi do 2100. godine dovelo do tri puta više koncentracije od današnje.



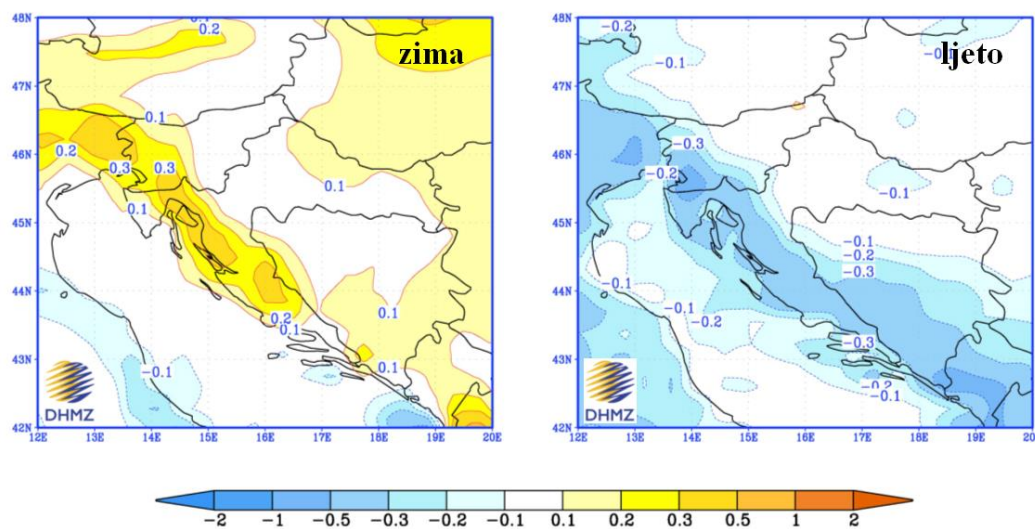
Slika 1. Promjena prizemne temperature zraka (°C) zimi i ljeti prema rezultatima regionalnog klimatskog modela RegCM za razdoblje od 2011.-2040. u odnosu na razdoblje 1961.-1990. uzimajući u obzir scenarij RCP8.5 (Patarčić, n.d.)

Scenarijem RCP4.5 prognozira se porast srednjih godišnjih vrijednosti temperatura, kao i u scenariju RCP8.5 kod kojeg su očekivane prognozirane temperature nešto više zbog kontinuiranog povećanja koncentracija stakleničkih plinova. Prema rezultatima RegCM modela za razdoblje 2011.-2040. pri scenariju RCP8.5 na području Hrvatske tijekom zime se očekuje porast temperatura od 0,6 °C, dok tijekom ljeta do 1 °C (slika 1.). Za isti scenarij, u drugom razdoblju 2041.-2070. očekuje se porast temperature tijekom zime do 2 °C u kontinentalnom dijelu i do 1,6 °C na jugu, dok se u ljetnim mjesecima očekuje porast od 2,4 °C u kontinentalnom dijelu te do 3 °C u priobalnom pojasu (Patarčić, n.d.).



Slika 2. Promjena prizemne temperature zraka (°C) zimi i ljeti prema rezultatima regionalnog klimatskog modela RegCM za razdoblje od 2041.-2070. u odnosu na razdoblje 1961.-1990. uzimajući u obzir scenarij RCP8.5 (Patarčić, n.d.)

Prema Sedmom nacionalnom izvješću za scenarij RCP4.5 u razdoblju od 2011.-2040. očekuje se porast broja vrućih dana (kad je maksimalna temperatura veća od 30 °C) sa prosjeka od 15 do 25 za 6 do 8 dana, dok se za razdoblje od 2041.-2070. očekuje porast od 12 dana (DHMZ, 2018). Za scenarij RCP8.5 u razdoblju od 2011.-2040. broj vrućih dana imati će manji porast, dok će broj vrućih dana za drugo razdoblje biti 30% veći u usporedbi s istim razdobljem za scenarija RCP4.5.



Slika 3. Promjena količina (mm/dan) oborina zimi i ljeti prema rezultatima regionalnog klimatskog modela RegCM za razdoblje od 2041.-2070. u odnosu na razdoblje 1961.-1990. uzimajući u obzir scenarij RCP8.5

Prognozirane promjene količine oborina u prvom razdoblju buduće klime su vrlo male, ograničene su na manja lokalna područja te njihov predznak je sezonskog karaktera. Izraženije

promjene u količini oborina, prema RegCM-u, očekuju se u drugom razdoblju buduće klime pri scenariju RCP8.5 (slika 3.). Tako se ljeti očekuje smanjenje oborina na području gorske Hrvatske i u priobalnom području, dok se zimi očekuje povećanje oborina u sjeverozapadnoj Hrvatskoj i na Jadranu (Patarčić, n.d.).

Klimatske promjene koje se predviđaju za šire područje Imotskog polja prema Državnom hidrometeorološkom zavodu i rezultatima RegCM-a za prvo i drugo razdoblje buduće klime uključuju porast temperature zraka i smanjenje količina oborina (Patarčić, n.d.). Za scenarij RCP8.5 i prvo razdoblje buduće klime prognozira se porast temperature zraka zimi od 0,2-0,4 °C te ljeti od 0,8-1 °C, dok drugo razdoblje buduće klime uključuje poraste od 1,2-1,6 °C zimi te i do 2,8 °C ljeti. Za isti scenarij te drugo razdoblje buduće klime očekuje se smanjenje količine oborina zimi do 0,1 mm/dan te ljeti od 0,3-0,5 mm/dan. Sve prognoze dane se u odnosu na referentno razdoblje 1961.-1990. godine.

1.4. Ranjivost uslijed klimatskih promjena

Prognozirane klimatske promjene u razdoblju buduće klime impliciraju i pojavu duljih sušnih perioda, porast vlažnosti zraka, porast evapotranspiracije, smanjenje vlažnosti tla i smanjenje površinskog i podzemnog otjecanja (DHMZ, 2018). Sve navedeno ima negativan utjecaj na krške vodonosnike koji zbog specifičnosti krških morfoloških oblika i dinamike vode u podzemlju su posebno ranjivi. Krške sredine iznimno su osjetljive na sušna razdoblja zbog smanjenje mogućnosti akumuliranja rezervi vode, zbog čega su vodni resursi Hrvatske u velikoj mjeri ovisni o prekograničnim slivovima. Smanjenje površinskog i podzemnog otjecanja podudara se sa smanjenjem količina oborina koje rezultira i smanjenjem vodnih zaliha, a porast razine mora uslijed klimatskih promjena pridonosi intenzivnijem prodoru mora u obalne vodonosnike. Također povećan intenzitet kratkotrajnih jakih oborina pridonosi učestalijom pojavom poplava na bujičnim vodotocima, riječnim slivovima ali i u urbanim područjima gdje su kapaciteti površinskog otjecanja maksimalni. S obzirom da sve navedeno ima značajan utjecaj na stanje voda, u ovakvim okolnostima nužno je očuvati dobro stanje voda uslijed klimatskih promjena. Osim ranjivosti vodnih resursa, klimatske promjene pogađaju i sektore poljoprivrede, energetike i turizma koji ovise o određenim temperaturama i količinama padalinama.

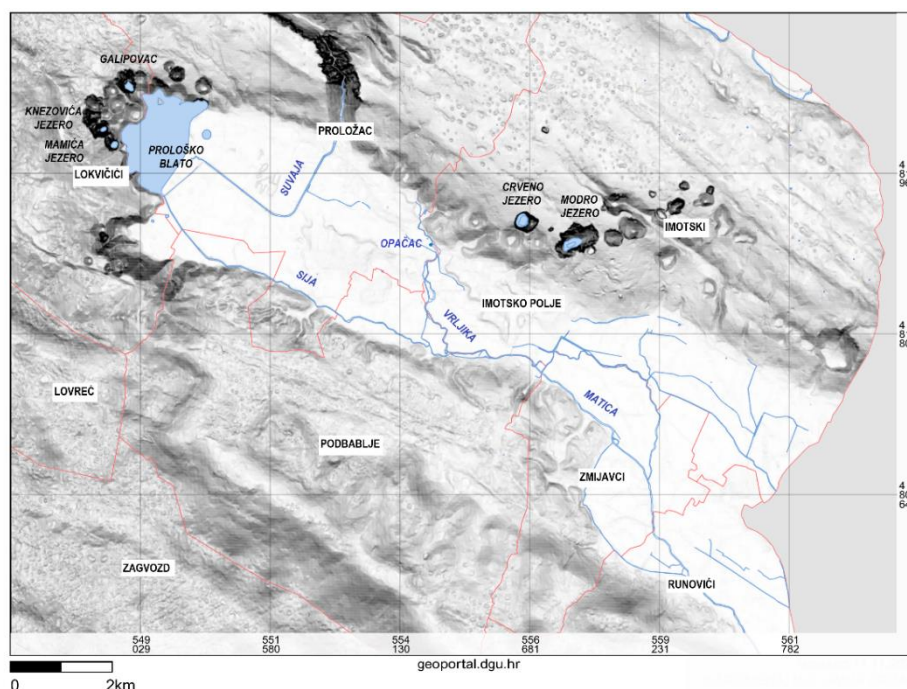
2. Problematika istraživanja

2.1. Uvod

U ovom radu okosnica istraživanja je praćenje hidrološkog režima šireg područja Imotskog polja na osnovu kontinuiranog monitoringa hidroloških i klimatskih parametara, kao i fizikalno kemijskih parametara vode, te izrada modela hidrološkog sustava. Temeljem prikupljenih podataka i modela analizirati će se utjecaj klimatskih promjena na regionalni tok vode, njezinu dostupnost kao i utjecaj na manje bujične slivove, površinske vodotoke i jezera. S obzirom da razmatrano područje obiluje krškim oblicima, stalno ili povremeno ispunjenim vodom, ključno je identificirati zastupljenost ekstremnih hidroloških pojava te sukladno tome primijeniti odgovarajuće mjere adaptacije klimatskim promjenama u svrhu zaštite raspoloživih vodnih resursa.

2.2. Područje istraživanja

Razmatrano područje Imotske krajine smješteno je na sjeveroistoku Splitsko-dalmatinske županije, u centralnom dijelu Dinarskog krša. Odlikuje ga mediteranska klima s jakim utjecajem kontinentalne klime. Prosječne godišnje temperature kreću se od 12 °C do 14 °C, dok je godišnji prosjek oborina 1500 mm (Bonacci i Andrić, 2014). Imotsko polje primjer je krškog polja definiranog kao depresija u vapnenačkom kršu, uglavnom eliptičnog oblika s relativno blago nagnutim dnom od izvora ka zoni poniranja (Bonacci, 1987). Hipsometrijski, Imotsko polje nadmorske visine od 253-270 m, predstavlja jedan od niza polja, uz Livanjsko i Duvanjsko koja se spuštaju jugoistočno prema dolini rijeke Neretve (Bojanić i ostali, 1981).



Slika 4. Karta šireg područja Imotskog polja

Površinom zauzima prostor od 95 km², od čega je 44 km² na hrvatskom teritoriju, a ostatak na teritoriju Bosne i Hercegovine (Ljubenković, 2015). Rubni dijelovi polja znatno su strmiji i viši, posebice sjeveroistočni i sjeverozapadni dio. Kao što je vidljivo iz slike 4., polje se pruža u smjeru sjeverozapad-jugoistok, s blagim nagibom od sjeveroistoka prema jugozapadu te od sjeverozapada prema jugoistoku što proizlazi iz položaja hidrografske mreže (Bojanić i ostali, 1981). Hidrografsku mrežu čini stalni vodotok Vrljike s pripadnim povremenim tokovima koji se najčešće javljaju za vrijeme velikih oborina. Rijeka Vrljika svoj tok započinje kao Ričina, koja nakon ulijevanja u akumulaciju Ričice postaje Suvaja, Sija pa potok Vrljika. Tokom kroz Imotsko polje Vrljika kod mjesta Zmijavci mijenja ime u Matica, nakon čega ponire kod Drinovaca te potom izvire u Peć Mlinima kao Tihaljina te nastavlja prema Neretvi kao Sita, Mlade i konačno Trebižat. Takva pojava karakteristična je za krška područja kod kojih je razina podzemne vode veći dio vremena ispod dna riječnih tokova zbog čega se pri postojanju vrtača i ponikava uspostavljaju uvjeti za bržu infiltraciju površinske vode u podzemlje što rezultira prekidanjem površinskih tokova rijeka (Bonacci i Roje-Bonacci, 2008). Upravo to potvrđuje činjenicu da je krško polje samo podsustav šireg sustava površinskog i podzemnog kretanja vode (Bonacci, 1987). Iz istog razloga, ali i zbog ograničenog kapaciteta krških provodnika te malog gradijenta polja često dolazi do plavljenja polja u hladnijim dijelovima godine. Na području Imotskog polja nalaze se izvori Duboka Draga, Dva Oka (ili Jezerine), Utopišće, Jauš i najznačajniji i najizdašniji izvor Opačac koji izvire sifonski i koristi se kao vodozahvat za vodoopskrbu imotskog područja. Na razmatranom području, uz Crveno i Modro jezero kao jedna od najpoznatijih fenomena, nalazi se još čak 18 sličnih krških oblika suhih ili stalno ispunjenih vodom (Garašić, 2001). Unatoč brojnim geološkim, hidrogeološkim i hidrološkim istraživanjima, zbog iznimno kompleksnog sustava cirkulacije površinske i podzemne vode u kršu, granice sliva kao i smjerovi kretanja podzemnih voda nisu poznati (Bonacci i Andrić, 2014; Bonacci i Roje-Bonacci, 2000).

2.3. Pregled postojeće literature o području istraživanja

Prvi znanstveni radovi koji datiraju s početka 20. stoljeća bave se problematikom postanka Crvenog i Modrog jezera, dvaju najimpozantnijih primjera krških oblika tog područja. Tako Gavazzi (1903) i Cvijić (1926) zaključuju da su oba fenomena nastala urušavanjem stropa podzemne špilje (Andrić i ostali, 2018), dok Roglić (1938) opovrgava tvrdnju da su oba jezera u prošlosti funkcionirala kao vrtače već ih opisuje kao "bunaraste" ponikve (Andrić i ostali, 2018; Bonacci i Andrić, 2014). Ponikva je definirana kao ljevka, tanjurasta ili bunarska zatvorena krška udubina, najčešće šira neka dublja, nastala mehaničkim djelovanjem vode i otapanjem vapnenca (Bonacci, 2006).

Roglić (1938) razdvaja hidrološke režime Crvenog jezera, opisanog kao urušena ponikva mlađeg postanka, te Modrog jezera kojeg uspoređuje s estavelom zbog dotoka i gubitka vode kroz samo dno jezera. Općenito nastanak ponikvi na razmatranom području veže

uz djelovanje podzemnih tokova na kontaktu vapnenaca s dolomitima što se može dokazati prisustvom erodiranih materijala dolomita na samome dnu (Bonacci, 2006).

Petrik u razdoblju od 1955 do 1958 vrši mjerenja vodostaja vodnih tijela na području Imotskog polja te uočava nezavisne hidrološke odnose Crvenog i Modrog jezera. Iako i Roglić (1938) i Petrik (1960) smatraju da Crveno i Modro jezero imaju različite hidrološke režime, naglašavaju im zajedničko porijeklo voda, a nejednak kapacitet krških provodnika navode kao glavni razlog različitih oscilacija jezera, a time i različitih hidroloških režima (Bojanić i ostali, 1981b). Petrik (1960) na temelju rezultata svojih mjerenja, konstatira postojanje veze između Crvenog jezera i povremenog izvora Jažva, što proizlazi iz činjenice da spuštanjem razine vode u jezeru na kotu izvora, izvor presušuje (Bojanić i ostali, 1981). Isti autor navodi mogućnost izbijanja podzemne vode u uvali Vrulje prilikom pojave niskih vodostaja, odnosno nižih od kote terena Imotskog polja (Bonacci, 2006). Istu tvrdnju, da većina podzemnih voda sjeverozapadnog dijela Imotskog polja te Prološkog blata, teče prema moru te izvire u uvali Vrulje na dubini od 38 m iznose i Bojanić i ostali (1981).

Milanović (1981) Crveno i Modro jezero opisuje kao ponikve nastale kemijskim djelovanjem vode na vapnence, dok Bahun (1991) njihov postanak veže uz urušavanje postojećih vrtača koje su rezultat presušivanja jezera iz razdoblja Miocena (Bonacci, 2006; Bonacci i Andrić, 2014).

Prema Kovačeviću (1999) istjecanje iz Crvenog jezera se događa kada vodostaj dostigne razinu špilje na zapadnoj strani, pri čemu se voda izlijeva prema izvoru Jažva. Iste zaključke navode Cvijić (1926), Gavazzi (1903), Petrik (1960) i Roglić (1938), a potvrđuje Garašić (2001).

Opsežnija istraživanja Crvenog jezera provela je Međunarodna špiljska ronilačka ekspedicija "Crveno jezero 98" pod vodstvom M. Garašića. Istraživanjem su utvrđene dimenzije dna jezera od 300 x 300 m i površine jezera od 180 x 200 m, kao i maksimalna dubina od -6 m n.m., odnosno 281 m. Utvrđeno je postojanje velikog špiljskog kanala u jugozapadnom smjeru, zbog čega autor smatra da je jezero još dublje, međutim zbog tehničkih nedostataka to se nije moglo ustvrditi. Postojanje špiljskog kanala na dnu veže uz registriranje jake struje u smjeru jugozapad na dubinama od -206 do -281 m. Također, u istočnom dijelu jezera, na dubini od 175 m registriran je špiljski kanal otvora 30 x 30 m, a tijekom ekspedicije istraženo je čak 800 m špiljskih kanala (Garašić, 2001).

Istraživanjem krškog vodonosnika na području Imotskog polja Bonacci i Roje-Bonacci (2000) zaključuju da su Crveno i Modro jezero prirodni piezometri povezani s glavnim krškim provodnikom. Crveno, za razliku od Modrog jezera, ima izravnu vezu s krškim provodnikom i to navode kao razlog međusobno različitih oscilacija razina vode. Iako su oscilacije u jezerima različite, imaju slično ponašanje te prema tome ih svrstavaju u isti krški vodonosnik.

Krški vodonosnik Imotskog polja istražuje i Ljubenkov (2015) proučavajući pojavu plavljenja Imotskog polja, zaključujući pritom da količina oborina nije značajno povezana s protokom, odnosno pojavom plavljenja polja. Navedeno potkrepljuje činjenicama da je maksimalna mjesečna količina oborina od 443 mm (prosinac, 1959.) rezultirala protokom od 99,4 m³/s te poplavljanjem 4097 ha polja, dok je ista količina oborina u listopadu 1974. godine rezultirala protokom od 60,9 m³/s te bez pojave poplavljanja polja. Takva pojava ukazuje na izrazitu kompleksnost funkcioniranja ovog krškog vodonosnika koje prema Ljubenkovu prikuplja vode indirektnog područja sliva vodotoka Suvaje, vode jezera promatranog područja te vode krškog podzemlja. Na smanjenje plavljenja polja značajan utjecaj imala je izgradnja akumulacije Ričice, retencije Prološko blato, kao i izgradnja kanala Petnjik.

Primjenom LIDAR (light detection and ranging) metode i hidroakustike, 2013. godine Andrić i ostali provode istraživanja u Crvenom jezeru koje je rezultiralo računalnim modelom geometrije jezera i prikazom snage odjeka signala pri različitim dubinama (Andrić i ostali, 2013, 2017). Analizom snage odjeka signala utvrdili su nedostatak povratnog signala na sjeveroistočnoj strani jezera što opisuju kao postojanje krškog provodnika ili rezultat refrakcije valova uslijed geometrije jezera. Primjenom ronilice za daljinsko upravljanje (ROV) detektirali su sužavanje dna uslijed erodiranja materijala, kao i mirovanje suspendiranih čestica na samome dnu, temeljem čega odbacuju prethodne teze o postojanju krškog provodnika. Isti autori 2015. godine vrše mjerenja korištenjem CTD sonde kojom su detektirali postojanje izoterme temperature 10 °C na dubini od 30-90 m te još jednom sugerirali na izostanak strujanja kroz provodnike na samome dnu jezera (Andrić i ostali, 2017). Na temelju podataka o kretanju razine vode u jezeru, definirali su krivulju zapremnine u funkciji razine vode. Analizom podataka električne vodljivosti detektirali su nešto više vrijednosti kod Crvenog jezera u usporedbi s Modrim što objašnjavaju mogućim duljim zadržavanjem vode u podzemlju.

3. Planirani tijek istraživanja

Istraživanje zahtjeva pristup hidrološkim i klimatskim parametrima kao osnovnim elementima za analizu hidrološkog funkcioniranja šireg područja Imotskog polja, kao i za detekciju nastalih trendova uzrokovanim klimatskim promjenama.

Planirana je uspostava sustava za praćenje kvalitete i količina voda te sustava za praćenje klimatskih parametara na razmatranom području. Mjerne točke za praćenje fizikalno-kemijskih parametara vode biti će postavljene na sljedećim lokacijama: Crveno jezero, Modro jezero, Ričice, Prološko blato, Galipovac, Mamića jezero i Knezovića jezero. Parametri koji će se kontinuirano pratiti su električna vodljivost, temperatura, mutnoća te vodostaj. Planirane lokacije meteoroloških postaja za praćenje klimatskih parametara su područje Imotskog polja i akumulacije Ričice. Praćenje klimatskih parametara obuhvaća praćenje temperature zrake,

insolacije, atmosferskog tlaka, relativne vlažnosti zraka, oborina, snage i smjera vjetra, evapotranspiracije te vlažnosti tla.

Na temelju podataka o razinama u jezeru biti će moguće definirati promjenu zapremnine vode u jezerima koristeći postojeće modele geometrije jezera, a za ona vodna tijela čijim se modelom ne raspolaže predviđeno je izvršiti mjerenja primjenom sonara, fotogrametrije i lidar tehnologije. Kretanje količine vode dati će uvid u dostupnost i raspoloživost vode, dok će podaci o električnoj vodljivosti i mutnoći definirati njenu kvalitetu. Osim toga podaci o električnoj vodljivosti omogućiti će identifikaciju vodnih tijela površinskog ili podzemnog tipa na temelju koje će se imati jasnija slika o kretanju i zadržavanju vode u podzemlju. Podaci o temperaturi vode omogućit će detektiranje prihranjivanja jezera koje će biti evidentno u naglim promjenama temperature, a isto je moguće detektirati i promjenom vrijednosti električne vodljivosti. Količina i intenzitet oborina sa dviju meteoroloških postaja dati će uvid u prostorne varijacije oborina te njihov utjecaj na prihranjivanje krškog sustava.

Implementacijom sustava praćenja hidroloških i klimatskih parametara omogućit će se:

- Kontinuirani uvid u kretanje hidroloških i klimatskih parametara,
- Detekcija trendova i učestalosti pojava hidroloških i klimatskih ekstrema te usporedba s projekcijama RegCM modela,
- Praćenje količina i kvalitete vode u razmatranim vodnim tijelima,
- Integriranje prikupljenih podataka s postojećim sustavima za prikupljanje podataka (Hrvatske vode, DHMZ),
- Identifikacija promjena te procesa u hidrološkom režimu šireg područja Imotskog polja uzrokovanim klimatskim promjenama,
- Analiza utjecaja identificiranih promjena i procesa uzrokovanih klimatskim promjenama na hidrološko funkcioniranje razmatranog područja te na dostupnost vode u kršu,
- Odabir adekvatnih mjera prilagodbe klimatskim promjena u svrhu zaštite vodnih resursa krškog vodonosnika te
- Uspostava sustava ranog upozorenja kao ključnog elementa pri smanjenju rizika od klimatskih promjena.

Zahvala

Ovaj rad podržan je projektom KK.05.1.1.02.0024 "VODIME - Vode Imotske krajine", prijavljenog na Poziv na dostavu projektnih prijedloga „Shema za jačanje primijenjenih istraživanja za mjere prilagodbe klimatskim promjenama“ KK.05.1.1.02., koji je financiran iz Europskog fonda za regionalni razvoj, Operativni program Konkurentnost i kohezija.

Popis literature

- Andrić, I., Bonacci, O., i Jukić, B. (2013). Rezultati najnovijih hidroloških i geomorfoloških istraživanja Crvenog jezera kod Imotskog. *Hrvatske Vode*, 21(86), 344–348.
- Andrić, I., Bonacci, O., i Jukić, B. (2017). Hidrološka mjerenja na Crvenom jezeru u razdoblju od 28. rujna 2013. do 10. rujna 2015. *Hrvatske Vode*, 25(102), 253–258.
- Andrić, I., Jukić, B., i Bonacci, O. (2018). Pregled recentnih znanstvenih istraživanja vezanih za Crveno i Modro jezero u Imotskom. In *Zavičajna baština, Problemi i perspektive u upravljanju baštinom* (pp. 31–41).
- Bahun, S. (1991). O postanku Crvenog i Modrog jezera kod Imotskog. *Geološki Vjesnik*, 44, 275–280.
- Bojanić, L., Ivičić, D., i Batić, V. (1981b). Hidrogeologija Imotskog polja s osvrtom na značaj u regionalnom smislu. *Geološki Vjesnik*, 34, 127–135.
- Bonacci, O. (1987). *..: Karst Hydrology With Special Reference to the Dinaric Karst*. Springer-Verlag.
- Bonacci, O. (2006). Crveno i modro jezero kod Imotskog. *Hrvatske Vode*, 14(54), 45–54.
- Bonacci, O., i Andrić, I. (2014). Morphological study of Red lake in Dinaric karst based on terrestrial laser scanning and sonar system. *Acta Carsologica*, 43(2–3).
<https://doi.org/10.3986/ac.v43i2.712>
- Bonacci, O., i Roje-Bonacci, T. (2000). Interpretation of groundwater level monitoring results in karst aquifers: examples from the Dinaric karst. *Hydrological Processes*, 14(14). [https://doi.org/10.1002/1099-1085\(20001015\)14:14<2423::AID-HYP104>3.0.CO;2-2](https://doi.org/10.1002/1099-1085(20001015)14:14<2423::AID-HYP104>3.0.CO;2-2)
- Bonacci, O., i Roje-Bonacci, T. (2008). Water losses from the Ričice reservoir built in the Dinaric karst. *Engineering Geology*, 99(3–4).
<https://doi.org/10.1016/j.enggeo.2007.11.014>
- Branković, Č., Cindrić, K., Gajić-Čapka, M., Güttler, I., Patarčić, M., Srnec, L., Vučetić, V., i Zaninović, K. (2009). *Peto nacionalno izvješće Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC); Izabrana poglavlja: Opažene klimatske promjene u Hrvatskoj Scenarij klimatskih promjena Utjecaj klimatskih varijacija i promjena na biljke i na opasnost od šumskih požara*.
- Cvijić, J. (1926). *Geomorfologija 2 (Geomorphology 2)*. Srpska Akademija Nauka i Umetnosti.

- DHMZ. (2018). *Sedmo nacionalno izvješće i Treće dvogodišnje izvješće Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC)*.
- Garašić, M. (2001). New Speleohydrogeological Research of Crveno jezero (Red Lake) near Imotski in Dinaric Karst Area (Croatia, Europe) - International speleodiving expedition "Crveno jezero 98." *13th International Congress of Speleology*, 457–460.
- Gavazzi, A. (1903). Die Seen des Karstes (Karst Lakes). In *Abhandlungen der K. K. Geographischen Gesellschaft: Vol. 5(2)* (p. 136).
- IPCC. (2007). *IPCC, 2007: Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Core Writing Team, Pachauri, R.K and Reisinger, A. (eds.)]*.
- IPCC. (2021). *IPCC, 2021: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2021: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S. L. Connors, C. Péan, S. Berger, N. Caud, Y. Chen, L. Goldfarb, M. I. Gomis, M. Huang, K. Leitzell, E. Lonnoy, J.B.R. Matthews, T. K. Maycock, T. Waterfield, O. Yelekçi, R. Yu and B. Zhou (eds.)]. Cambridge University Press. In Press.*
- Kovačević, T. (1999). Crveno jezero - Imotski. *Hrvatska Vodoprivreda*, VIII (78), 43–46.
- Ljubenkov, I. (2015). Multicriteria flood mitigation in the Imotsko-Bekijsko Polje (Croatia, Bosnia and Herzegovina). *Journal of Water and Land Development*, 26(1), 73–81.
<https://doi.org/10.1515/jwld-2015-0018>
- Milanović, P. T. (1981). Karst Hydrogeology. In *Water Resources Publications* (p. 434).
- Patarčić, M. (n.d.). *Klima i klimatske promjene*. Retrieved November 8, 2021, from https://meteo.hr/klima.php?section=klima_modeliiparam=klima_promjene
- Petrik, M. (1960). Hidrografska mjerenja u okolici Imotskog (Hydrographic measurements near Imotski). In *Ljetopis JAZU* (Vol. 64, pp. 266–286).
- Roglić, J. (1938). Imotsko Polje – Fizičko-Geografske Osobine. (Physical-Geographic Characteristics of Imotski Polje). *Posebno Izdanje Geografskog Društva 21*, 125.