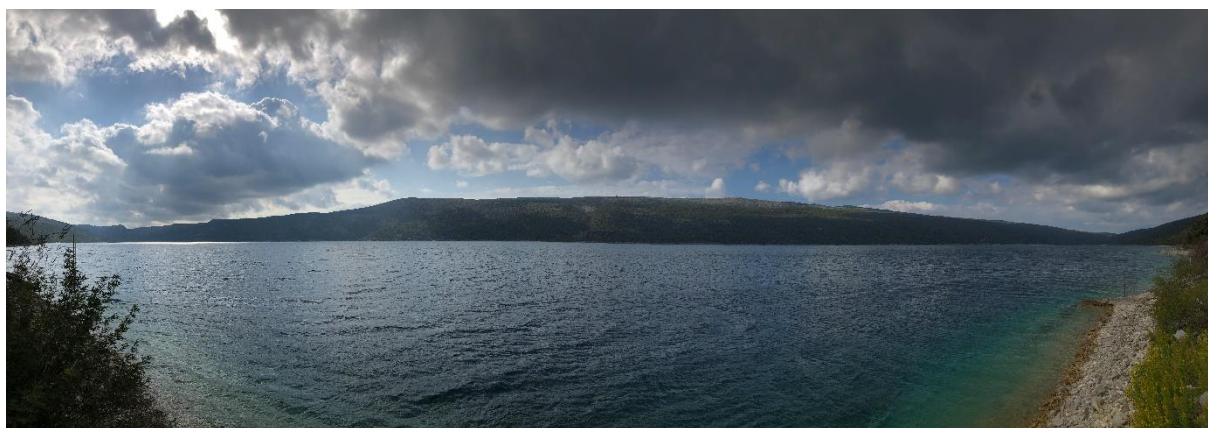


Monitoring podzemnih voda Vranskog jezera

Grupa 3: Analiza postojećeg monitoringa i prijedlog sustava monitoringa jezera



GEO 829/2022

Rovinj, prosinac 2022

Naziv zadatka: **Monitoring podzemnih voda Vranskog jezera**
Grupa 3: Analiza postojećeg monitoringa i prijedlog sustava monitoringa jezera

Naručitelj: HRVATSKE VODE – pravna osoba za upravljanje vodama
Ulica Grada Vukovara 220
10000 Zagreb

Zajednica izvršitelja: GEO-5 d.o.o.
Carera 59
52210 Rovinj

Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet
Radmile Matejčić 3
51000 Rijeka

Ugovor broj: Hrvatske vode:
KLASA: 325-01/19-10/0000195
UR BROJ: 374-23-2-21-43
GEO 5 d.o.o.:
BROJ: 60/2021
Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet:
KLASA: 325-01/20-01/01

Nositelji zadatka:

GEO-5 d.o.o. Milan Mihovilović, dipl. ing. geol.
Toma Mihovilović, ing. ind. diz.
mr.sc. Vanda Piškur, dipl. sanit. ing. – vanjski suradnik
dr.sc. Darija Vukić Lušić, dipl. sanit. ing. – vanjski suradnik

Sveučilište u Rijeci, Građevinski fakultet dr.sc. Josip Rubinić, dipl. ing. građ.
Maja Radišić, mag. ing. aedif.

Direktor:

Milan Mihovilović, dipl. ing. geol.



Dekan:



SADRŽAJ

1. Uvod	1
2. Analiza stanja jezerskog sustava i postojećeg monitoringa.....	2
2.1. Meteorološki monitoring	3
2.2. Hidrološki monitoring.....	10
2.2.1. Vodostaji.....	10
2.2.2. Temperature vode.....	12
2.3. Crpljenje	16
2.4. Podzemne vode	18
2.5. Kakvoća vode.....	28
2.5.1. Rezultati praćenja fizikalno-kemijskih i kemijskih pokazatelja vode.....	29
2.5.1.1. Temperatura vode	29
2.5.1.2. pH vrijednost	29
2.5.1.3. Električna vodljivost.....	30
2.5.1.4. Alkalitet.....	30
2.5.1.5. Ukupna tvrdoća i ionski sastav	31
2.5.1.6. Režim kisika	33
2.5.1.7. Spojevi dušika i fosfora.....	33
2.5.1.8. Klorofil	35
2.5.1.9. Mineralna ulja (ugljikovodici)	36
2.5.1.10. Organska tvar	37
2.5.2. Rezultati praćenja mikrobioloških pokazatelja vode.....	38
2.5.3. Elementi ocjene ekološkog stanja jezera, Uredba o standardu kakvoće voda (NN 96/2019) 39	
2.6. Batimetrija i visinski međuodnosi	43
2.7. Monitoring ostalih značajki	45
3. Prijedlog budućeg monitoringa na Vranskom jezeru	49
4. Analiza i izrada prijedloga baze podataka.....	57
5. Zaključci.....	62
6. Literatura.....	63



REPUBLIKA HRVATSKA
TRGOVAČKI SUD U PAZINU

IZVADAK IZ SUDSKOG REGISTRA

SUBJEKT UPISA

MBS:

040076156

OIB:

35006071705

EUID:

HRSR.040076156

TVRTKA:

- 1 GEO - 5 projektiranje i izvođenje geoloških i rudarskih radova, d. o. o.
- 1 GEO - 5 d. o. o.

SJEDIŠTE/ADRESA:

- 3 Rovinj (Grad Rovinj - Rovigno)
Carera 59

PRAVNI OBLIK:

- 1 društvo s ograničenom odgovornošću

PREDMET POSLOVANJA:

- 1 13 - Vađenje ruda metala
- 1 14 - Vađenje ostalih ruda i kamena
- 1 45 - Građevinarstvo
- 1 51 - Trgovina na veliko i posredovanje u trgovini, osim trgovine motornim vozilima i motociklima
- 1 * - inženjering, projektni menadžment i tehničke djelatnosti
- 1 * - izrada i izvedba projekata iz područja građevinarstva i rudarstva
- 1 * - geološke i istražne djelatnosti
- 1 * - geodetsko premjeravanje
- 9 * - obavljanje djelatnosti vodoistražnih radova i drugih hidrogeoloških radova i to:
 - 9 * - - hidrogeološka istraživanja
 - 9 * - - bušenje istražnih bušotina i zdenaca

OSNIVAČI/ČLANOVI DRUŠTVA:

- 8 Milan Mihovilović, OIB: 63042124954
Rovinj, S.Žiže 5
- 10 - član društva
- 8 Mladen Štihović, OIB: 29923873856
Bazgalji, Marcani 56
- 10 - član društva
- 8 Dorijana Boljunčić, OIB: 32607809752
Kanfanar, Istarska 26



SUBJEKT UPISA

OSNIVAČI/ČLANOVI DRUŠTVA:

10 - član društva

OSOBE OVLAŠTENE ZA ZASTUPANJE:

11 MILAN MIHOVILOVIĆ, OIB: 63042124954

Rovinj, S.ŽIŽE 5

5 - član uprave

5 - zastupa samostalno i pojedinačno

TEMELJNI KAPITAL:

7 612.000,00 kuna

PRAVNI ODNOSI:

Osnivački akt:

- 2 Akt o osnivanju sastavljen je dana 14. veljače 1991. godine i usklađen sa Zakonom o trgovačkim društvima dana 11. prosinca 1995. godine.
- 2 Odlukom osnivača od 29. prosinca 1997. godine izmijenjena je Izjava o usklađenju u odredbama o temeljnom kapitalu.
- 3 Odlukom osnivača od dana 24. rujna 1998. godine izmjenjene su odredbe Izjave u dijelu koji se odnosi na sjedište, članove društva te nadzorni odbor. Izjava promijenila oblik u Društveni ugovor. Pročišćen tekst Ugovora dostavljen u zbirku isprava.
- 6 Odlukom Skupštine društva od 18. prosinca 2003. godine izmjenjen je Društveni ugovor u čl. 9. glede imatelja poslovnih udjela. Pročišćeni tekst Ugovora dostavljen je u zbirku isprava.
- 7 Odlukom članova društva od 19. studenog 1999. godine izmjenjen je Društveni ugovor u čl. 8. temeljni kapital i čl. 9. poslovni udjeli. Pročišćeni tekst Ugovora dostavljen je u zbirku isprava.
- 9 Društveni ugovor (potpuni tekst) od 18. prosinca 2003. g. izmijenjen je odlukom Skupštine društva od 26. studenog 2012. g. u čl. 1. glede članova društva, u čl. 6. dopunom predmeta poslovanja, u čl. 8. glede ovlaštenika na poslovnom udjelu, u čl. 9. glede postotka pojedinog ovlaštenika na poslovnom udjelu.
Potpuni tekst Društvenog ugovora od 26.11.2012.g. dostavljen je u zbirku isprava.
- 10 Odlukom Skupštine društva od 27. rujna 2016. izmijenjen je Društveni ugovor od 26. studenog 2012. u čl. 1. glede članova društva, u čl. 8. glede podjele poslovnog udjela i imatelja poslovnih udjela, u čl. 9. glede postotka pojedinog člana društva s kojim sudjeluje u pravima i obvezama u društvu.
Potpuni tekst Društvenog ugovora od 27. rujna 2016. dostavljen je u zbirku isprava.

Promjene temeljnog kapitala:

- 2 Odlukom osnivača od 29. prosinca 1997. godine povećan je



SUBJEKT UPISA

PRAVNI ODNOSI:

Promjene temeljnog kapitala:

temeljni kapital društva sa iznosa od 2.970,70 kuna na iznos od 1.161.800,00 kuna.

- 4 Članovi društva donijeli su na Skupštini odluku od 19. studenog 1999. godine o smanjenju temeljnog kapitala od 1.161.800,00 kn za iznos od 549.800,00 kn na iznos od 612.000,00 kn.
- 7 Odlukom članova društva od 19. studenog 1999. godine smanjen je temeljni kapital sa iznosa od 1.161.800,00 kn za iznos od 549.800,00 kn na iznos od 612.000,00 kn.

OSTALI PODACI:

- 1 Subjekt do sada upisan u registarskom ulošku broj 1-6255-00 Trgovačkog suda u Rijeci.

FINANCIJSKA IZVJEŠĆA:

	Predano	God.	Za razdoblje	Vrsta izvještaja
eu	30.04.19	2018	01.01.18 - 31.12.18	GFI-POD izvještaj

Upise u glavnu knjigu proveli su:

RBU Tt	Datum	Naziv suda
0001 Tt-95/9802-3	19.05.1997	Trgovački sud u Rijeci
0002 Tt-97/5840-5	19.11.1998	Trgovački sud u Rijeci
0003 Tt-98/2162-4	04.01.1999	Trgovački sud u Rijeci
0004 Tt-99/3163-5	13.12.2002	Trgovački sud u Rijeci
0005 Tt-03/1239-6	27.06.2003	Trgovački sud u Rijeci
0006 Tt-04/614-3	23.06.2004	Trgovački sud u Rijeci
0007 Tt-04/613-7	27.07.2004	Trgovački sud u Rijeci
0008 Tt-10/4754-4	30.06.2011	Trgovački sud u Rijeci
0009 Tt-12/6934-2	05.12.2012	Stalna služba u Pazinu Trgovački sud u Rijeci
0010 Tt-16/7441-2	20.10.2016	Stalna služba u Pazinu Trgovački sud u Pazinu
0011 Tt-18/5684-1	06.11.2018	Trgovački sud u Pazinu
eu /	30.06.2009	elektronički upis
eu /	30.06.2010	elektronički upis
eu /	30.06.2011	elektronički upis
eu /	30.06.2012	elektronički upis
eu /	27.06.2013	elektronički upis
eu /	27.06.2014	elektronički upis
eu /	29.06.2015	elektronički upis
eu /	28.06.2016	elektronički upis
eu /	27.06.2017	elektronički upis
eu /	29.06.2018	elektronički upis
eu /	30.04.2019	elektronički upis



REPUBLIKA HRVATSKA
TRGOVAČKI SUD U PAZINU

IZVADAK IZ SUDSKOG REGISTRA

SUBJEKT UPISA

U Pazinu, 30. travnja 2020.



Ovlaštena osoba



REPUBLIKA HRVATSKA

MINISTARSTVO GOSPODARSTVA
I ODRŽIVOG RAZVOJA

10000 Zagreb, Radnička cesta 80
Tel: 01/ 3717 111 fax: 01/ 3717 149

KLASA: UP/I-325-07/22-02/05

URBROJ: 517-09-1-2-2-22-6

Zagreb, 25. studenoga 2022.

Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja, OIB: 19370100881, na temelju članka 210. stavka 3. Zakona o vodama (Narodne novine, br. 66/19, 84/21), u vezi sa člankom 3. stavkom 1. te člankom 4. Pravilnika o posebnim uvjetima za obavljanje djelatnosti vodoistražnih radova i drugih hidrogeoloških usluga, poslova preventivne obrane od poplava te poslova i mjera redovite i izvanredne obrane od poplava te održavanja detaljnih građevina za melioracijsku odvodnju i građevina za navodnjavanje (Narodne novine, br. 26/20), po neposrednom zahtjevu društva GEO - 5 d.o.o., Rovinj, Carera - Carera 59, OIB: 35006071705, za izdavanjem rješenja o ispunjenju posebnih uvjeta za obavljanje djelatnosti vodoistražnih radova i drugih hidrogeoloških usluga – hidrogeoloških istraživanja, donosi

RJEŠENJE

1. Utvrđuje se da društvo GEO - 5 d.o.o., sa sjedištem u Rovinju, Carera - Carera 59, matični broj subjekta (MBS) 040076156, osobni identifikacijski broj (OIB) 35006071705, ispunjava posebne uvjete za obavljanje djelatnosti hidrogeoloških istraživanja.
2. Ovo Rješenje važi do 25. studenoga 2032. godine.
3. Ovo Rješenje je u upravnom postupku izvršno danom dostave stranci.

Obrazloženje

Društvo GEO - 5 d.o.o., sa sjedištem u Rovinju, Carera - Carera 59 (u daljnjem tekstu: GEO - 5 d.o.o.), zastupano po članu uprave društva, Milanu Mihoviloviću, OIB: 63042124954, podnijelo je dana 10. listopada 2022. godine neposredan zahtjev za izdavanje rješenja o ispunjenju posebnih uvjeta za obavljanje djelatnosti vodoistražnih radova i drugih hidrogeoloških usluga – hidrogeoloških istraživanja, od 05. listopada 2022. godine, brojčane oznake 63/2022, uz koji je priložilo dokumentaciju sukladno člancima 13. i 15. Pravilnika o posebnim uvjetima za obavljanje djelatnosti vodoistražnih radova i drugih hidrogeoloških usluga, poslova preventivne obrane od poplava te poslova i mjera redovite i izvanredne obrane od poplava te održavanja detaljnih građevina za melioracijsku odvodnju i građevina za navodnjavanje (Narodne novine, br. 26/20 – u daljnjem tekstu: Pravilnik).

Zahtjev je osnovan.

Odlukom, KLASA: 325-01/21-01/385, URBROJ: 517-09-1-2-2-21-1, od 6. listopada 2021. godine, osnovano je stalno Povjerenstvo za provedbu postupka utvrđivanja ispunjenja posebnih uvjeta za obavljanje djelatnosti vodoistražnih radova i drugih hidrogeoloških usluga (certifikacijski postupak), u daljnjem tekstu: Povjerenstvo, kako bi se utvrdile sve činjenice odlučne za ishod postupka sukladno članku 16. stavcima 1. i 3. Pravilnika.

U dokaznom dijelu certifikacijskog postupka očevidom na licu mjesta u sjedištu društva GEO - 5 d.o.o., kao i na izdvojenoj lokaciji – skladištu u Marcanima, Pazin, o čemu je sastavljen Zapisnik dana 25. studenoga 2022. godine, Povjerenstvo je utvrdilo da je društvo GEO - 5 d.o.o. dokazalo ispunjavanje posebnih uvjeta za obavljanje djelatnosti vodoistražnih radova i drugih hidrogeoloških usluga – hidrogeoloških istraživanja, propisanih člankom 3. stavkom 1. te člankom 4. Pravilnika, pa je valjalo riješiti kao u izreci Rješenja.

Točka 2. izreke ovoga Rješenja donesena je u skladu s člankom 19. Pravilnika.

Sukladno odredbi članka 133. stavka 3. Zakona o općem upravnom postupku (Narodne novine br. 47/09 i 110/21), koji propisuje da drugostupanjsko rješenje kojim se rješava upravna stvar postaje izvršno danom dostave stranci, riješeno je kao u točki 3. izreke ovog Rješenja.

Uputa o pravnom lijeku

Protiv ovog Rješenja ne može se izjaviti žalba, ali se može pokrenuti upravni spor. Upravi spor pokreće se tužbom u roku od 30 dana od dana dostave rješenja stranci. Tužba se podnosi Upravnom sudu u Rijeci, neposredno u pisanom obliku, usmeno na zapisnik ili se šalje poštom odnosno dostavlja elektronički.



DOSTAVITI:

1. GEO - 5 d.o.o., Carera - Carera 59, 52210 Rovinj, „AR“
2. Hrvatske vode - Direkcija, Ulica grada Vukovara 220, 10 000 Zagreb,
3. Državni inspektorat, Sektor za nadzor zaštite okoliša, zaštite prirode i vodopravni nadzor, Služba koordinacije nadzora korištenja voda i vodnog dobra, Šubićeva 29, 10 000 Zagreb

Rovinj, 1.09.2020.

Broj: 29/a/2020

RJEŠENJE

kojim se MILAN MIHOVILOVIĆ, dipl.ing.geol. imenuje voditeljem projekta Monitoring podzemnih voda Vranskog jezera - Grupa 2: Geološka i geofizička istraživanja temeljem Ugovora sa Hrvatskim vodama (KLASA: 325-01/20-10/0000029, UR BROJ: 374-23-2-20-8 od 17.7.2020.).

Imenovani posjeduje stručnu spremu i položeni stručni ispit, te ima radno iskustvo na poslovima izrade tehničke dokumentacije i nadzora na istražnim radovima duže od 5 godina.



Direktor:

Milan Mihovilović, dipl.ing.geol.

1. Uvod

Vransko jezero na otoku Cresu je najvažniji otočki vodni resurs otoka Cresa i s njime vezanog Lošinja koji ima nezamjenjivu ulogu u vodoopskrbi tih otoka. Radi se o prirodnom fenomenu pojava oko 220 mil. m³ slatke vode na inače bezvodnim krškim otocima, i to na udaljenosti od svega nekoliko km od mora. Za vodoopskrbu se tijekom posljednjih desetak godina godišnje koristi u prosjeku oko 2,4 mil. m³, najviše tijekom 2021. kada je zahvaćeno oko 2,72 mil. m³, odnosno oko 0,086 m³s⁻¹. Tijekom ljetne sezone naglašene su potrebe za vodom koje se na razini srednjih mjesečnih količina kreću i do 0,159 m³s⁻¹, a maksimum srednjih dnevnih crpljenja iznosi 0,178 m³s⁻¹. S obzirom da je Vransko jezero kriptodepresija s kotom najnižeg dijela dna od čak -61,3 m n.m., radi se o posebno osjetljivom vodnom resursu kod koga postoji rizik prodora zaslanjene morske vode u njegov jezerski sustav ukoliko se naruši dinamička ravnoteža slatke i slane vode u njegovu okolnom vodonosniku i more prodre u samo jezero. Stoga je, obzirom na sve izraženije potrebe za vodom s jedne strane, te prisutni trend opadanja razine vode u jezeru, i negativne utjecaje/manifestacije klimatskih promjena kako u skoroj prošlosti tako još naglašenije i u budućnosti s druge strane, od strane Hrvatskih voda je tijekom 2019.g. pokrenut projekt unaprjeđenja monitoringa podzemnih voda. U sklopu tog projekta planirana je izvedba dvaju dubokih piezometarskih bušotina na dijelovima zaobalja jezerskog sustava koji su najbliži moru – prema Martinšćici i Valunu kao indikatorskih bušotina za ocjenu rizika od prodora zaslanjene morske vode u jezerski sustav. No, proveden je i niz drugih mjera usmjerenih na ocjenu stanja u jezerskom sustavu i njegovom vodonosniku, kao i usmjerenih na poboljšanje monitoringa. Spomenuti program monitoringa sastoji se od tri grupe aktivnosti - Grupa I: Izrada piezometara za monitoring podzemnih voda, Grupa II: Geološka i geofizička istraživanja, te Grupa III: Analiza postojećeg monitoringa i prijedlog sustava monitoringa jezera.

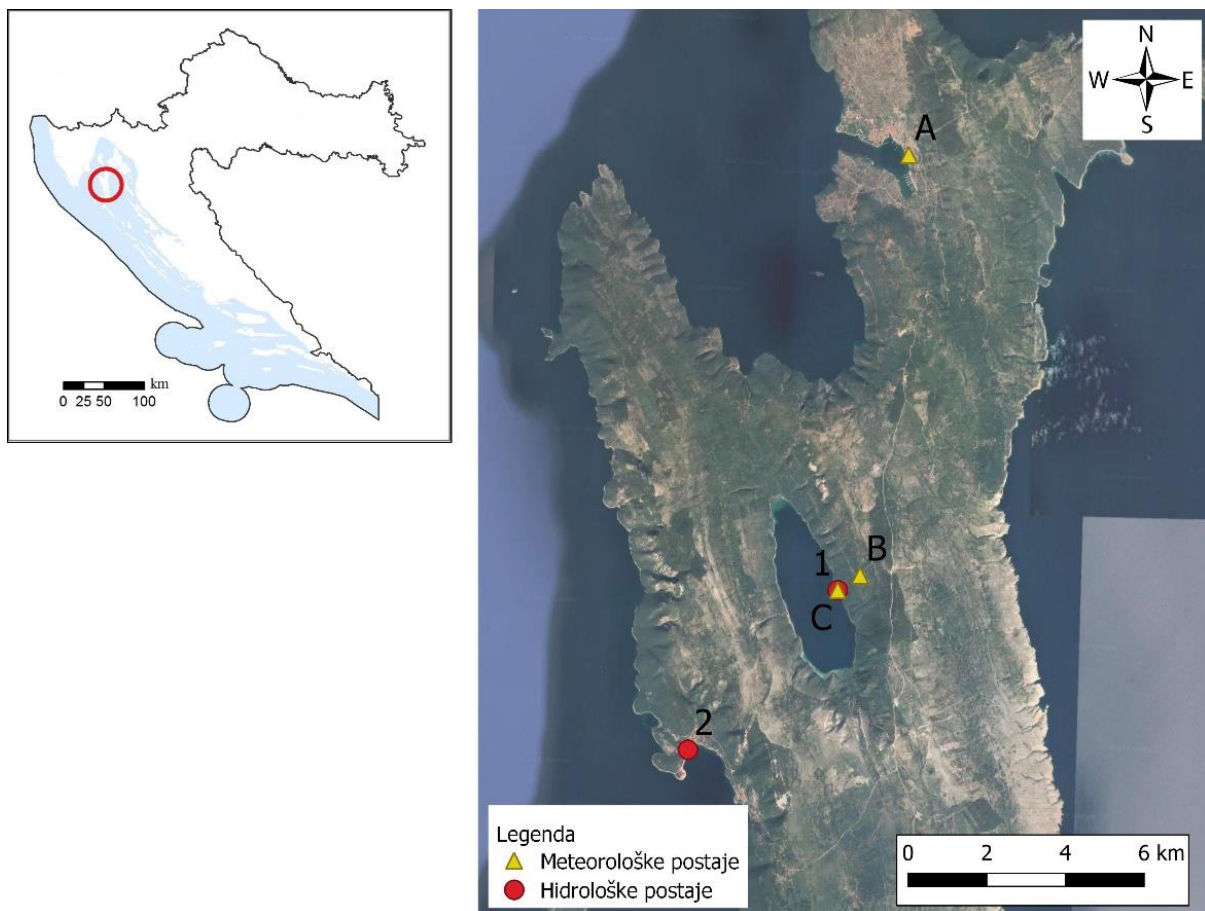
Predmet obrade ovog dokumenta je grupa III, ali su rezultati svih grupa međusobno povezani, a dijelom i izvođenje radova jer je GEO-5 d.o.o. koji je nositelj predmetne grupe aktivnosti uključen u realizaciju i dokumentiranje aktivnosti iz Grupa II, a jedna od aktivnosti Grupe II bila je i bio je hidrogeološki nadzor nad provedbom istražnog bušenja realiziranog u okviru Grupe I. Rezultati aktivnosti Grupe I na izradi piezometara sadržani su u dokumentu Tehničko izvješće br. 09-12/2021 za izvedene radove „Monitoring podzemnih voda Vranskog jezera – Izrada piezometara za monitoring podzemnih voda“ tvrtke Geoid Beroš d.o.o. gdje je prikazan postupak samog bušenja dvaju bušotina i uz to vezanih karotažnih mjerenja, pokusnih crpljenja te rezultata osnovnih fizikalno-kemijskih i bakterioloških značajki iscrpljenih voda iz bušotine. U novoizvedene bušotine ugrađena je tehnička piezometarska konstrukcija, te krajem studenog 2021. započeo monitoring dinamike kolebanja razina podzemnih voda. Realiziran je i program 1-godišnjeg monitoringa dinamike kolebanja razina podzemnih voda, a čiju su rezultati sadržani u vidu dodatnog e-separata dokumentu Geoida Beroš d.o.o. (2021), kao i u okviru predmetnog dokumenta u kome je provedena i njihova osnovna obrada, te predloženo uključivanje u trajni monitoring podzemnih voda vodonosnika Vranskog jezera. Dokument sadrži analizu postojećeg monitoringa na Vranskom jezeru, analizu prikupljenih podataka po svakom od važnijih promatranih parametara, a na kraju je dan i skupni prijedlog unaprjeđenja monitoringa.

Za napomenuti je da je usporedno s realizacijom ovoga projekta tekla i realizacija projekta Upravljanje krškim vodonosnicima ugroženim klimatskim promjenama (UKV) (<https://www.ukv-projekt.eu/>), financiran od strane Operativnog programa "Konkurentnost i kohezija" 2014.-2020., na čijoj je realizaciji sudjelovao i Građevinski fakultet u Rijeci, te je u okviru predmetnog dokumenta korišten i dio saznanja dobivenih u tom projektu vezan uz uspostavljen dopunski monitoring Vranskog jezera.

2. Analiza stanja jezerskog sustava i postojećeg monitoringa

Na Vranskom jezeru postoji već dulje vrijeme aktivan sustavan monitoring hidroloških prilika. Zbog specifičnosti svoga položaja, dimenzija te svoga vodnog potencijala za vodoopskrbu, na tom je prostoru bio organizirani hidrološki monitoring još od gotovo samih početaka 20-tog stoljeća – praćenja kolebanja razine vode u jezeru, kao i oborina u slivu te crpljenih količina vode.

Na slici 2.1 prikazan je položaj hidroloških i meteoroloških postaja kojima upravlja Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ), čiji su podaci korišteni u predmetnom dokumentu.



Slika 2.1. Situacija Vranskog jezera s prikazom položaja hidrološke postaje (1 – C.P. Vrana – Vransko jezero i 2 – Martinšćica – Jadransko more) te aktivnih meteoroloških postaja (A - klimatološka postaja Cres, B -automatska klimatološka postaja Vransko jezero-Cres i C – isparitelj i interna kišomjerna postaja Vransko jezero – crpna postaja)

2.1. Meteorološki monitoring

Meteorološka opažanja započela su 1909. osnivanjem isprva kišomjerne postaje Cres koja nakon obnove 1952.g. egzistira kao klimatološka (nalazi se na nadmorskoj visini od 5 m n.m. na 44° 57' 17" N, 14° 24' 52" E). Tijekom talijanske uprave otokom između dva svjetska rata uspostavljeno je i više novih kišomjernih postaja još bliže samom Vranskom jezeru (Osor, Štivan, Lubenice, Belej, Vrana – Stanić). Prekid motrenja bio je za vrijeme II svjetskog rata, da bi se 1952. mjerenja oborina nastavila obnovom rada postaja Cres i Osor, a od 1978.g. na lokaciji CS Vrana djeluje i oborinska postaja Vrana – jezero koja je dijelom svoga razdoblja djelovala i kao klimatološka postaja opremljena i ispariteljem, no već dulji niz godina djeluje samo kao interna kišomjerna postaja. U samom slivu Vranskog jezera od 1.7.2019. djeluje automatska klimatološka postaja DHMZ-a Vransko jezero-Cres Cres (44° 51' 30" N, 14° 24' 8" E na nadmorskoj visini od 242 m (www.meteo.hr)), a koja je kompletirana ispariteljem klase A postavljenim dne 1.11.2020. na lokaciji neposredno uz CS Vrana (Slike 2.1.1 i 2.1.2).



Slika 2.1.1. Automatska klimatološka postaja Vransko jezero-Cres



Slika 2.1.2. Automatski isparitelj klase A na lokaciji Vransko jezero-Cres

Klimatološke značajke sliva Vranskoga jezera razmatrane su na razini osnovnih klimatoloških značajki zabilježenih vremenskih serija - mjesečnih i godišnjih podataka o temperaturama zraka i količinama palih oborina na klimatološkoj postaji Cres koja ima najdulji neprekidni niz motrenja bez promjene lokacije postaje. Rezultati osnovne statističke obrade podataka (Sr – srednja vrijednost niza, Stdev – standardna devijacija, Cv – koeficijent varijacije, Max i Min – ekstremne registrirane vrijednosti unutar analiziranog niza srednjih mjesečnih ili godišnjih vrijednosti) o oborinama i temperaturama zraka na postaji Cres (1961.-2021.) za cijelo razdoblje opažanja prikazani su u Tablici 2.1.1.

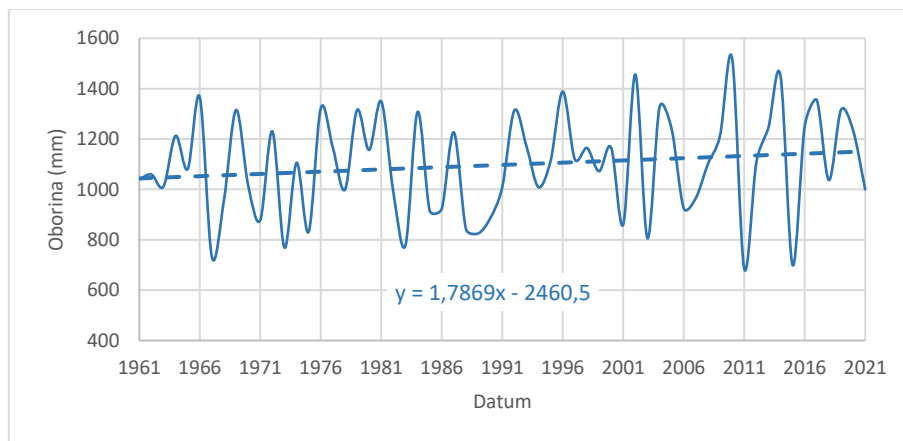
Tablica 2.1.1. Karakteristične mjesečne i godišnje vrijednosti oborina (mm) i temperatura zraka (°C) na klimatološkoj postaji Cres (1961.-2021.)

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
Oborine (mm)													
Sr	94,4	87,1	76,4	73,3	72,1	64,7	49,1	71,3	123,9	121,6	149,4	113,8	1097,2
Stdev	62,8	58,7	47,4	36,2	40,4	39,6	41,5	51,2	82,5	94,5	77,6	70,7	205,8
Cv	0,67	0,67	0,62	0,49	0,56	0,61	0,84	0,72	0,67	0,78	0,52	0,62	0,19
Max	315,3	255,4	168,5	162,5	176,7	174,6	183,6	246,6	450,4	445,4	313,0	277,6	1520,4
Min	0,0	5,6	0,1	0,3	0,6	0,0	0,9	0,0	9,4	0,0	18,3	0,0	685,7
Temperature zraka (°C)													
Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
Sr	6,3	6,8	9,4	13,0	17,6	21,8	24,4	24,0	19,7	15,4	11,1	7,4	14,7
Stdev	1,6	1,9	1,6	1,3	1,4	1,6	1,3	1,6	1,4	1,3	1,5	1,3	0,7
Cv	0,25	0,28	0,17	0,10	0,08	0,07	0,05	0,07	0,07	0,09	0,14	0,17	0,05
Max	9,9	10,5	12,5	16,2	20,9	26,1	27,4	28,0	23,2	17,6	14,7	9,7	16,1
Min	2,0	2,5	5,2	9,8	14,1	18,2	22,3	19,9	16,4	10,0	7,6	4,9	13,5

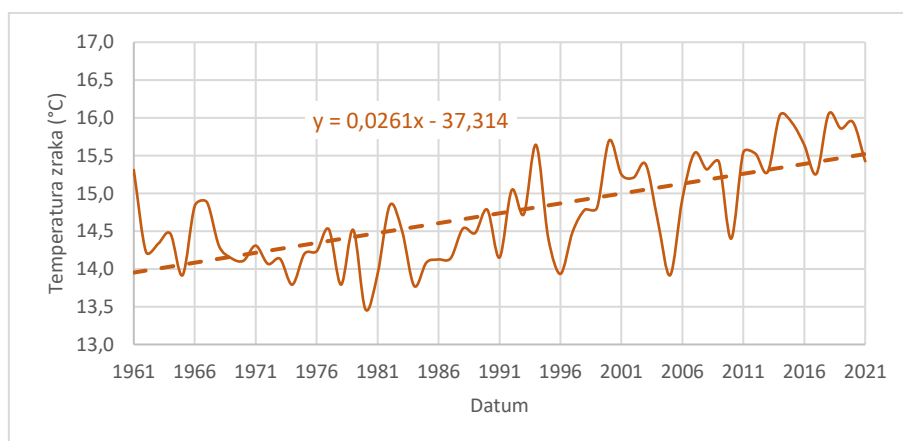
Srednja ukupna godišnja oborina na postaji Cres (1961.-2021.) iznosi 1097,2 mm. Prisutna je vrlo velika varijabilnost, kako po pojedinim mjesecima, tako i na razini godišnjih podataka u ukupno palim količinama oborina. Godišnje varijacije se kreću u rasponu između 685,7 (2011. g.) i 1520,4 mm (2010. g.), a mjesečne između stanja bez registriranih oborina tijekom cijelog mjeseca što se javljalo tijekom više kalendarskih mjeseci, pa do najviše 450,4 mm koliko je zabilježeno 1998. godine.

Godišnji prosjek temperature zraka na postaji Cres iznosi 14,7°C, te varira između 13,5°C i 16,1°C. Siječanj kao najhladniji mjesec ima srednju temperaturu uglavnom iznad 6°C, a srpanj i kolovoz oko 24°C. No, javljaju se i mjeseci s naglašenijim ekstremnim vrijednostima prosječnih mjesečnih temperatura – između 2,0°C tijekom siječnja 1963. godine pa do 28,0°C tijekom kolovoza 2003. godine.

Razmotreni su i trendovi hoda godišnjih količina oborina i srednjih mjesečnih temperatura zraka na analiziranoj postaji Cres (Slika 2.1.3 i 2.1.4). Iz prikaza je vidljiv blagi trend povećanja ukupnih godišnjih oborina od oko 170 mm/100 god, te značaj trend povećanja srednjih godišnjih temperatura zraka od 2,6°C/100 god. Također možemo vidjeti da su u razdoblju od 2010. do 2016. godine vrlo izražene razlike između sušnih i vodnih godina, koje se ciklički javljaju.

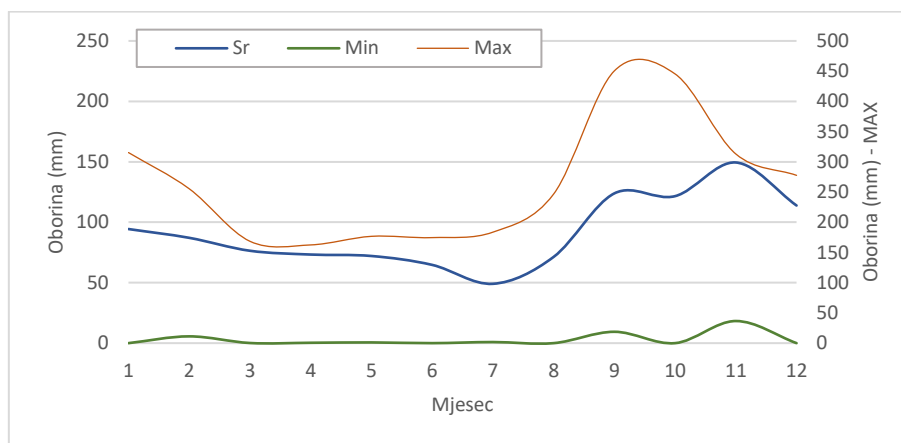


Slika 2.1.3. Hod karakterističnih godišnjih vrijednosti zabilježenih količina oborina na postaji Cres (1961.-2021.)

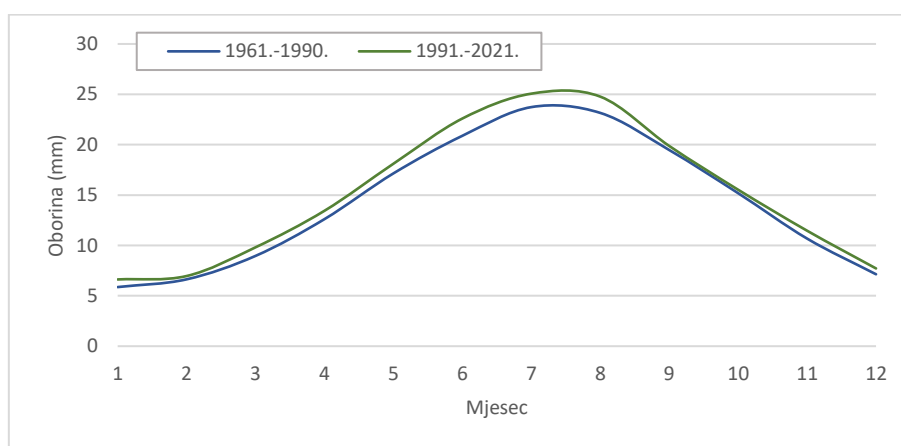


Slika 2.1.4. Hod karakterističnih godišnjih vrijednosti zabilježenih temperatura zraka na postaji Cres (1961.-2021.)

Dan je prikaz i unutar godišnje raspodjele (Slika 2.1.5) iz koje je vidljivo da dominiraju jesenske oborine (rujan – prosinac), a da su u prosjeku najmanje u srpnju. Mjeseci s minornim količinama oborina (ispod 10 mm) ili potpuno bez njih mogu se javiti tijekom cijele godine, s izuzetkom mjeseca studenog, kada su zabilježene minimalne oborine nekoliko mm iznad spomenutog praga. Na slici 2.1.6 dan je prikaz unutar godišnje raspodjele mjesečnih temperatura zraka za razdoblje od 1961.-1990. i 1991.-2021. Vidljivo je da se tijekom svih mjeseci temperatura zraka povećala za razdoblje kasnije razdoblje (1991.-2021.) i to prosječno za 0,9 °C. Najveće povećanje temperatura zraka iznosi 1,7°C i to u mjesecu lipnju, dok je najmanje u veljači i listopadu i iznosi 0,3°C.



Slika 2.1.5. Unutar godišnja raspodjela mjesečnih vrijednosti zabilježenih količina oborina na postaji Cres (1961.-2021.)



Slika 2.1.6. Unutar godišnja raspodjela mjesečnih vrijednosti zabilježenih temperatura zraka na postaji Cres za dva odabrana klimatološka razdoblja 1961.-1990. i 1991.-2021.

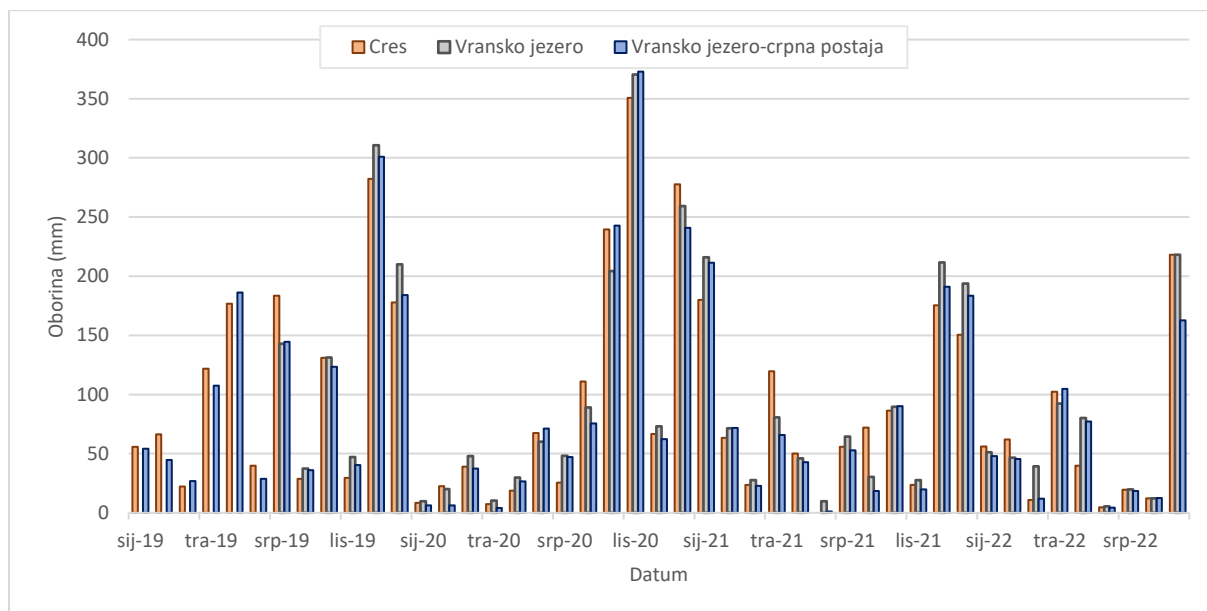
Automatska postaja Vransko jezero-Cres (Slika 2.1.1) osnovana je u srpnju 2019. godine i na njoj se prate: temperature zraka, oborine, isparavanja, relativna vlažnost, brzina vjetra, smjer vjetra i sunčevo zračenje.

Na slici 2.1.7 i u tablici 2.1.2 dan je usporedni prikaz mjesečnih količina oborina na klimatološkoj postaji Cres, automatskoj postaji Vransko jezero kao i na kišomjernoj postaji Vransko jezero-crpna u razdoblju

od 2019. do rujna 2022. godine. Također dan je i usporedni prikaz mjesečnih temperatura zraka na klimatološkoj postaji Cres i automatskoj postaji Vransko jezero (Slika 2.1.8 i Tablica 2.1.3).

Tablica 2.1.2. Karakteristične mjesečne i godišnje vrijednosti oborina (mm) na klimatološkoj postaji Cres, automatskoj postaji Vransko jezero kao i na kišomjernoj postaji Vransko jezero-crpna u razdoblju od 2019. do rujna 2022. godine

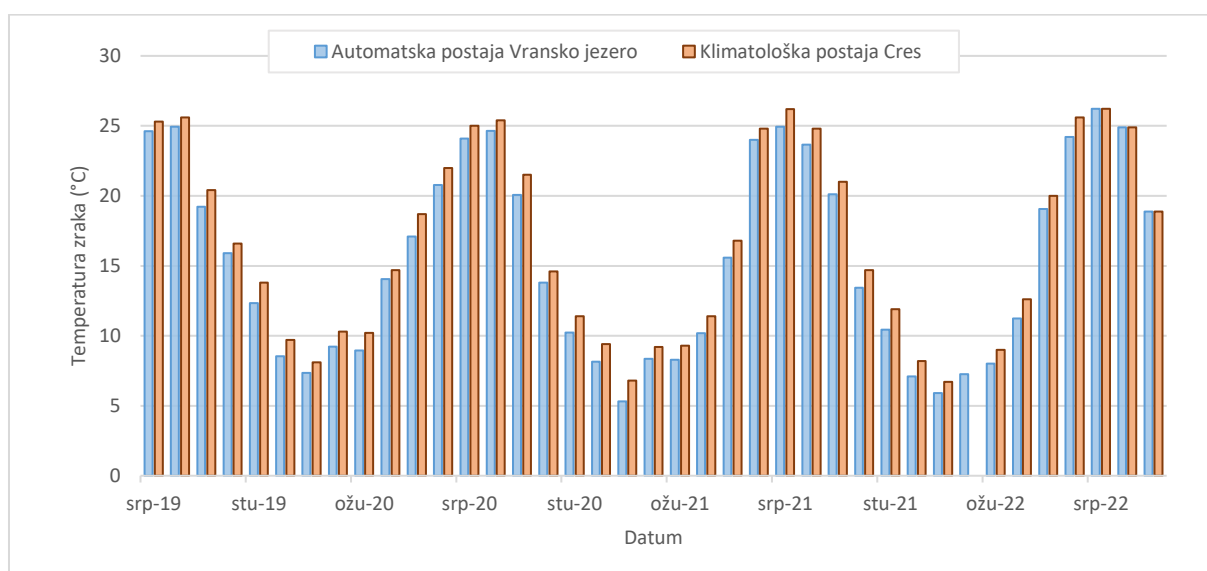
Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
Klimatološka postaja Cres													
2019	55,9	66,3	22,1	121,9	176,7	39,9	183,6	28,6	131,1	29,6	282,3	177,7	1315,7
2020	8,5	22,6	39	7,3	18,6	67,4	25,5	111,1	239,4	350,8	66,7	277,6	1234,5
2021	179,9	63,4	23,5	119,6	50,2	0	55,7	71,9	86,3	23,5	175,3	150,5	999,8
2022	56	62,1	11	102,2	39,9	4,7	19,5	12,2	218,2				
Automatska postaja Vransko jezero													
2019							142,9	37,5	131,4	47,2	310,8	209,9	
2020	9,8	20,2	48	10,4	29,9	60,1	48,2	89,2	204,4	370,5	73,1	259,3	1223,1
2021	216	71,5	27,6	80,8	46	9,7	64,4	30,4	89,7	27,6	211,6	193,7	1069
2022	51,1	46,5	39,4	92,4	80,2	5,5	19,8	12,2	218,2				
Kišomjerna postaja Vransko jezero - crpna postaja													
2019	54,1	44,7	26,7	107,5	186,2	28,8	144,5	36,1	123,4	40,4	300,9	184	1277,3
2020	6,2	6,4	37,5	4	26,5	71,2	47,2	75,5	242,8	372,8	62,3	241	1193,4
2021	211,42	71,65	22,9	65,9	42,9	1,2	52,76	18,4	90,2	19,8	191,2	183,6	971,93
2022	47,9	45,4	12	104,8	77,2	4,5	18,4	12,4	162,8				



Slika 2.1.7. Mjesečne količine oborina na postaji Cres, Vransko jezero i Vransko jezero-crpna postaja u razdoblju od 2019. do rujna 2022. godine

Tablica 2.1.3. Karakteristične mjesečne i godišnje vrijednosti temperatura zraka (°C) na klimatološkoj postaji Cres i automatskoj postaji Vransko jezero u razdoblju od 2019. do rujna 2022. godine

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
Klimatološka postaja Cres													
2019	5,4	8	11,6	14	15,1	24,8	25,3	25,6	20,4	16,6	13,8	9,7	15,9
2020	8,1	10,3	10,2	14,7	18,7	22	25	25,4	21,5	14,6	11,4	9,4	15,9
2021	6,8	9,2	9,3	11,4	16,8	24,8	26,2	24,8	21	14,7	11,9	8,2	15,4
2022	6,7	--	9,0	12,6	20,0	25,6	26,2	24,9	18,9				
Automatska postaja Vransko jezero													
2019							24,6	24,9	19,2	15,9	12,3	8,5	
2020	7,4	9,2	8,9	14,1	17,1	20,8	24,1	24,7	20,1	13,8	10,2	8,1	14,9
2021	5,3	8,4	8,3	10,2	15,6	24,0	24,9	23,7	20,1	13,4	10,4	7,1	14,3
2022	5,9	7,3	8,0	11,2	19,1	24,2	26,2	24,9	18,9				



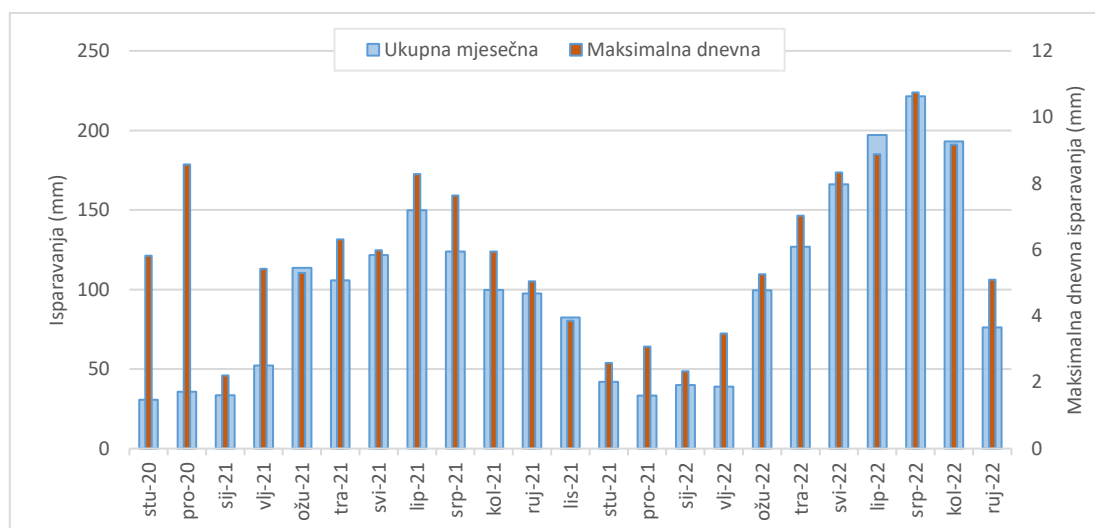
Slika 2.1.8. Srednje mjesečne temperature zraka na postaji Cres i Vransko u razdoblju od srpnja 2019. do rujna 2022. godine

Vidljivo je da su temperature zraka na automatskoj postaji Vransko jezero tijekom gotovo svih mjeseci monitoringa niže za oko 1°C od temperatura zraka na postaji Cres zbog prisustva vertikalnog temperaturnog gradijenta.

Ukupna mjesečna i maksimalna dnevna isparavanja sa automatskoj postaji Vransko jezero u kratkotrajnom razdoblju novo uspostavljenog monitoringa od 1.11.2020. do 31.12.2021. dana su u tablici 2.1.4 i na slici 2.1.7. Iz nje je vidljivo da je tijekom 2021.g. koja je jedina sadržavala cjelokupne podatke zabilježeno ukupno godišnje isparavanje od 1055,7 mm, koje je bilo za oko 200 mm manje nego li ukupno zabilježene količine oborina u toj godini (1223,1 mm).

Tablica 2.1.4. Ukupna mjesečna i maksimalna dnevna isparavanja sa automatskoj postaji Vransko jezero u razdoblju od studenog 2020. do rujna 2022.

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
Ukupna mjesečna isparavanja (mm)													
2020											30,6	35,7	
2021	33,4	52,3	113,6	105,8	121,7	149,8	123,9	99,8	97,6	82,4	42,0	33,3	1055,7
2022	39,9	39,0	99,5	127,0	166,2	197,1	221,5	193,1	76,1				
Sr	36,7	45,6	106,6	116,4	144,0	173,5	172,7	146,4	86,9	82,4	36,3	34,5	
Maksimalna dnevna isparavanja (mm)													
2020											5,8	8,6	
2021	2,2	5,4	5,3	6,3	6,0	8,3	7,6	6,0	5,1	3,9	2,6	3,1	8,3
2022	2,3	3,5	5,3	7,0	8,3	8,9	10,8	9,2	5,1				
Sr	2,3	4,4	5,3	6,7	7,2	8,6	9,2	7,6	5,1	3,9	4,2	5,8	

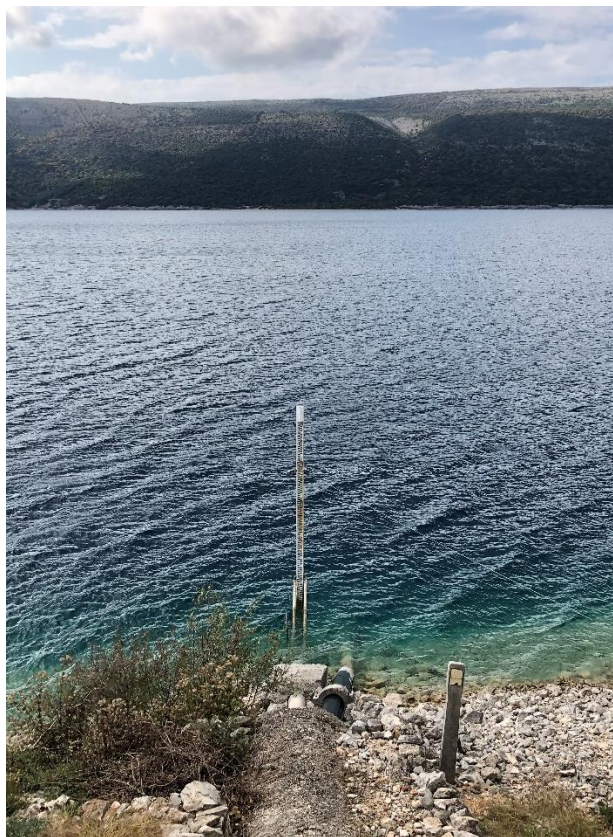


Slika 2.1.7. Ukupna mjesečna i maksimalna dnevna isparavanja sa automatskoj postaji Vransko jezero u razdoblju od studenog 2020. do rujna 2022.

2.2. Hidrološki monitoring

2.2.1. Vodostaji

Motrenja nivoa Vranskog jezera započela su 1926. godine na vodokaznoj postaji Stanić ispod istoimenog zaseoka sela Vrana, ali su rezultati motrenja sačuvani od svibnja 1928. i predstavljaju najduži niz podataka na području Istre i Primorja. U studenom 1977. od strane DHMZ-a koji upravlja postajom postavljena je vodomjerna letva na crnoj postaji C.P. Vrana, i nakon nekoliko godina zajedničkog rada, 1984. godine ukinuta je hidrološka postaja Stanić ukinuta. Od 1.1.1978. postaja C.P. Vrana – Vransko jezero (Slika 2.2.1) opremljena je limnigrafom. Za spomenuti je da je na priobalnoj morskoj strani 1.11.1990. osnovana od strane DHMZ-a mareografska postaja Martinšćica koja bilježi kolebanja razine mora.



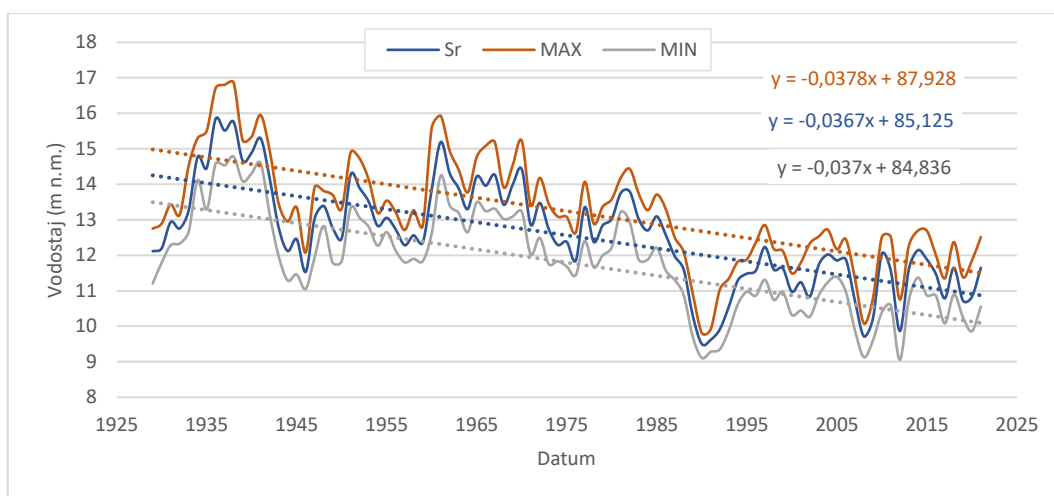
Slika 2.2.1. Hidrološka postaja CP Vrana

U Tablici 2.2.1 dan je prikaz unutar godišnje raspodjele karakterističnih mjesečnih i godišnjih srednjih, maksimalnih i minimalnih vodostaja u Vranskom jezeru u razdoblju od 1929. do 2021. godine. Dan je i prikaz godišnjeg hoda srednjih, maksimalnih i minimalnih vodostaja na Vranskom jezeru, kao i njihovi pripadajući trendovi za isto razdoblje (Slika 2.2.2). Pri provedbi spomenute analize podaci o kolebanjima razine vode korišteni su do 1977. godine sa postaje Stanić te nakon toga sa postaje C.P. Vrana (Slika 2.1).

Tablica 2.2.1. Karakteristične mjesečne i godišnje vrijednosti srednjih, maksimalnih i minimalnih vodostaja (m n.m.) na Vranskom jezeru (1929.-2021.)

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
Srednji vodostaj (m n.m.)													
Sr	12,63	12,77	12,89	12,93	12,91	12,80	12,59	12,33	12,14	12,10	12,21	12,42	12,56
Stdev	1,50	1,50	1,50	1,51	1,51	1,50	1,48	1,45	1,43	1,43	1,45	1,48	1,44
Cv	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11
Max	16,82	16,76	16,66	16,64	16,44	16,37	16,11	15,66	15,25	15,37	15,62	16,47	15,84
Min	9,48	9,57	9,61	9,62	9,78	9,74	9,57	9,31	9,14	9,11	9,18	9,26	9,50
Maksimalni vodostaj (m n.m.)													
Sr	12,73	12,87	12,97	12,99	12,97	12,89	12,72	12,46	12,26	12,21	12,35	12,55	13,24
Stdev	1,50	1,50	1,52	1,52	1,51	1,51	1,49	1,46	1,44	1,43	1,47	1,50	1,51
Cv	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,11
Max	16,86	16,84	16,71	16,69	16,55	16,42	16,27	15,90	15,42	15,41	15,95	16,80	16,86
Min	9,52	9,64	9,65	9,64	9,81	9,77	9,67	9,46	9,20	9,18	9,22	9,30	9,81
Minimalni vodostaj (m n.m.)													
Sr	12,51	12,66	12,79	12,87	12,84	12,71	12,46	12,20	12,04	11,99	12,08	12,29	11,79
Stdev	1,50	1,50	1,49	1,50	1,51	1,49	1,48	1,45	1,43	1,43	1,43	1,47	1,38
Cv	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
Max	16,78	16,66	16,55	16,55	16,36	16,27	15,91	15,43	15,14	15,27	15,38	15,96	14,78
Min	9,32	9,48	9,57	9,59	9,62	9,67	9,46	9,20	9,09	9,05	9,13	9,20	9,05

Vidljivo je da na unutar godišnjoj vremenskoj skali Vransko jezero oscilira u relativno uskim granicama između 1-2 m, s time da je najveća zabilježena godišnja amplituda 2,97 m (1960.), a najmanja svega 0,64 m (1991.). No, na prikazanoj višegodišnjoj vremenskoj skali raspon između ukupno zabilježenih kolebanja je puno veći – čak 7,81 m. Prva izraženija povijesna minimalna razina vode u jezeru zabilježena je 1990. (9,11 m n.m.), vrlo bliski minimum zabilježen je i 2008.g. (9,13 m n.m.), a još niža razina od 9,05 m n.m. zabilježena je tijekom ekstremno sušne 2012.godine. Maksimalna razina vode u jezeru od 16,86 m n.m. zabilježena je davne 1938. godine, ali u razdoblju nakon 1990.g. zabilježeni maksimum iznosio je 12,85 m n.m. razlog čega je utjecaj korištenja voda iz jezera za potrebe vodoopskrbe, te promjena klimatskih prilika – povećanja temperatura zraka, a s time i evapotranspiracije u slivu te evaporacije sa jezerske površine.



Slika 2.2.2. Godišnji hod srednjih, maksimalnih i minimalnih vodostaja na Vranskom jezeru, kao i njihovi pripadajući trendovi (1929.-2021.)

Sa slike 2.2.2 vidljivo je da su zabilježeni iznimno izraziti trendovi opadanja razina vode kod svih tri karakterističnih godišnjih razina vode – trend od 3,7 m/100 god kod minimalnih i srednjih godišnjih vodostaja, te 3,8 m/100 god kod maksimalnih godišnjih razina vode. Također je vidljivo da nagli trend opadanja razina vode u jezeru je posebno izražen u drugoj polovici osamdesetih godina prošlog stoljeća. Sve do tada minimalna razina vode nije se spuštala ispod 11 m n.m., a od 1988. samo je tijekom četiri godine minimalna godišnja razina bila iznad te vrijednosti.

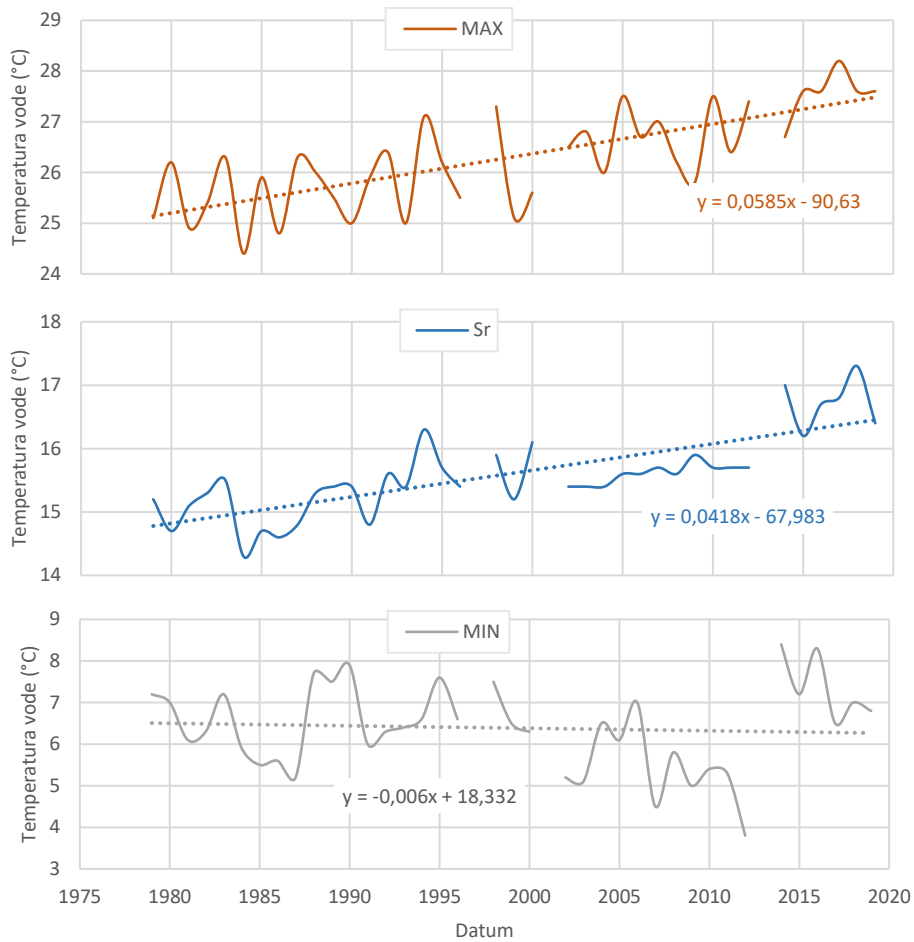
2.2.2. Temperature vode

Površinska temperatura vode u jezeru počela se pratiti 1979. godine na hidrološkoj postaji C.P. Vrana – Vransko jezero. U Tablici 2.2.2 dan je prikaz unutar godišnje raspodjele karakterističnih mjesečnih i godišnjih srednjih, maksimalnih i minimalnih temperatura vode u Vranskom jezeru u razdoblju od 1979. do 2021. godine. Na slici 2.2.3 prikazan je hod srednjih, maksimalnih i minimalnih godišnjih temperatura vode, kao i pripadajući trendovi, dok je na slici 2.2.4 dana njihova unutar godišnja raspodjela za razdoblje od 1979. do 2019. Valja napomenuti da su pojedine godine izostavljene iz razmatranja zbog nekompletnih podataka.

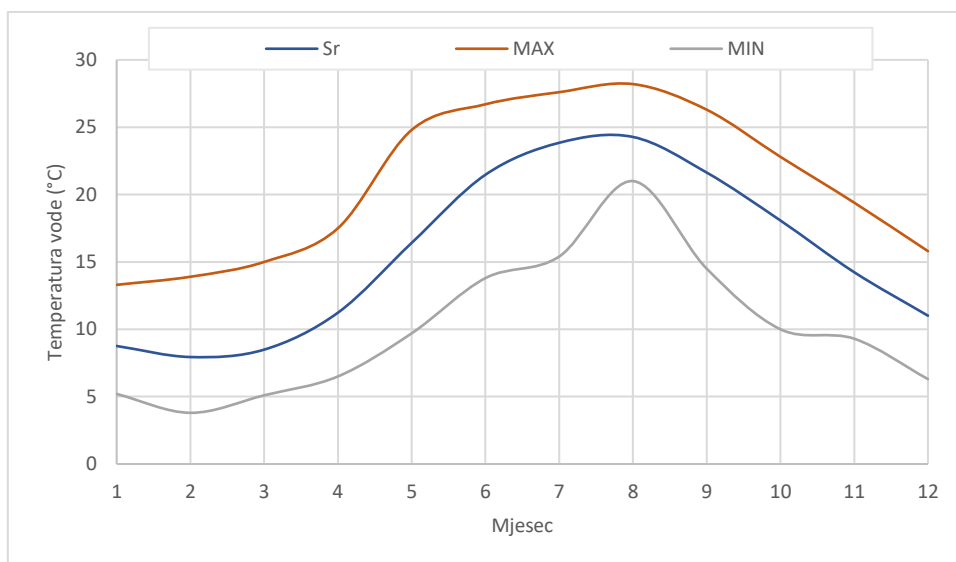
Za cijelo razdoblje opažanja, srednja godišnja temperatura vode iznosi 15,6°C, maksimalna 28,2°C (u kolovozu 2017. godine), te minimalna 3,8°C (u veljači 2012. godine). Sa Slike 2.2.3 vidljiv je izraziti trend povećanja temperatura vode u jezeru, i to srednjih godišnjih od 4,2°C/100 god, a maksimalnih od čak 5,9°C/100 god. Kod minimalnih godišnjih temperatura vode prisutan je trend smanjenja od 0,6°C/100 god. Sa slike 2.2.4 je vidljivo da se minimalne mjesečne temperature vode javljaju u mjesecu veljača, dok se maksimalne javljaju u kolovozu. Prisutne su i velike oscilacije u temperaturama vode. Najveća zabilježena unutar godišnja amplituda iznosi 23,6°C (2012.g), a najmanja 17,1°C (1990.). Unutar pojedinih mjeseci, raspon između zabilježenih ekstremnih temperatura kreće se između cca 7 i 15°C.

Tablica 2.2.2. Karakteristične mjesečne i godišnje vrijednosti srednjih, maksimalnih i minimalnih temperatura vode (°C) u Vranskom jezeru (1979.-2021.)

Mjesec	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
Srednja temperatura vode (°C)													
Sr	8,9	8,1	8,6	11,3	16,4	21,5	23,9	24,3	21,7	18,1	14,2	11,0	15,6
Stdev	1,0	1,2	1,1	1,2	1,6	1,4	1,1	0,9	1,0	0,9	1,1	1,1	0,7
Cv	0,11	0,15	0,13	0,10	0,09	0,06	0,05	0,04	0,04	0,05	0,08	0,10	0,04
Max	12	11	10,6	13,8	20,2	25,1	25,7	26,4	24	20,4	16,4	13,6	17,3
Min	7	5,5	6,4	9	12,4	18,5	21,8	22,8	20	16,4	12,2	8,2	14,3
Maksimalna temperatura vode (°C)													
Sr	10,7	9,8	10,6	14,0	19,9	24,5	25,8	26,0	23,8	20,4	16,4	13,0	26,3
Stdev	1,5	1,7	1,3	1,6	2,0	1,6	1,2	1,1	1,2	1,0	1,3	1,4	1,0
Cv	0,14	0,17	0,12	0,12	0,10	0,07	0,05	0,04	0,05	0,05	0,08	0,11	0,04
Max	15	13,9	15	17,5	24,8	26,8	27,6	28,2	26,3	22,8	19,4	15,8	28,2
Min	8,3	7,2	8,4	10,5	15,2	20,8	23,3	24,2	21,8	18,5	13,5	9,9	24,4
Minimalna temperatura vode (°C)													
Sr	7,4	6,7	7,2	9,1	13,3	18,6	21,8	22,6	19,4	15,4	12,0	9,1	6,4
Stdev	1,1	1,2	1,1	1,2	1,5	1,8	1,5	1,0	1,5	1,8	1,4	1,1	1,0
Cv	0,15	0,18	0,15	0,13	0,12	0,09	0,07	0,05	0,08	0,12	0,12	0,12	0,16
Max	10,5	9,8	9,3	12,1	16,2	23	24,8	25,1	21,8	18,5	15	11,4	8,4
Min	5,2	3,8	5,1	6,5	9,7	13,8	15,4	21	14,5	10,0	9,3	6,3	3,8

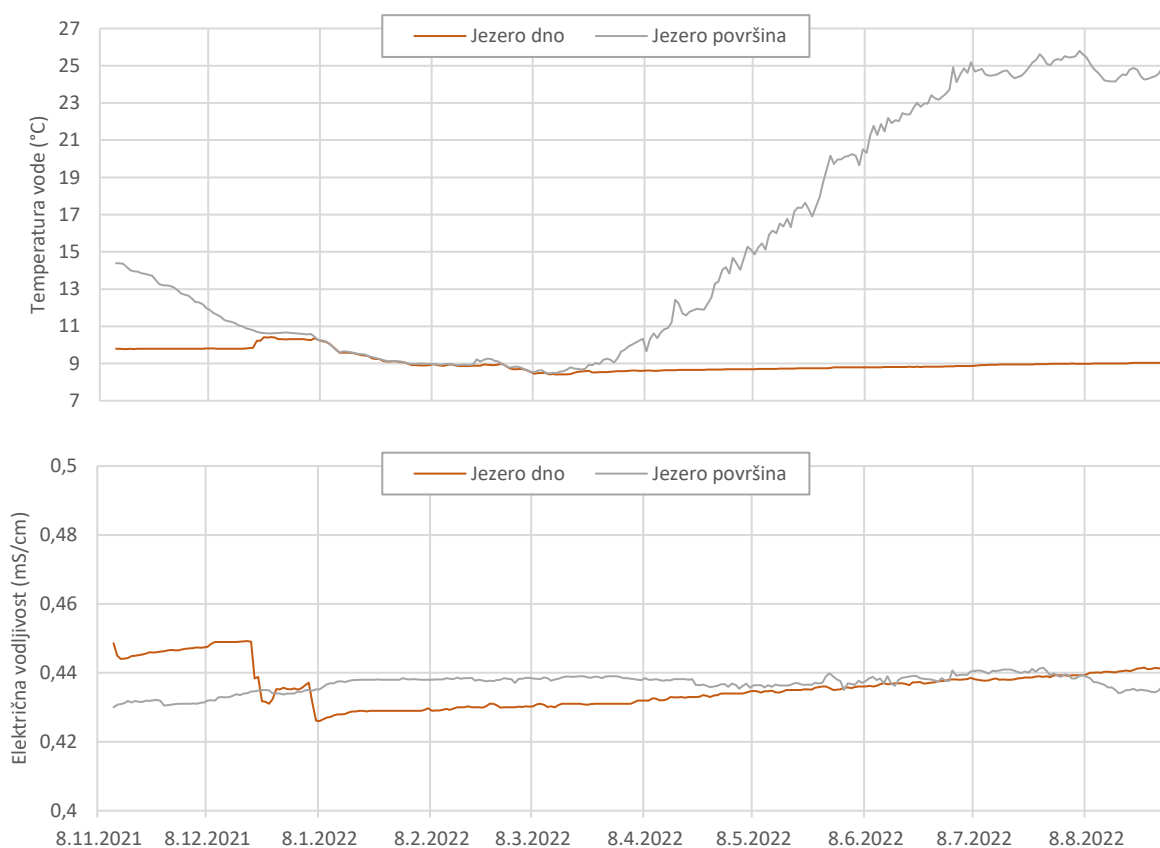


Slika 2.2.3. Godišnji hod srednjih, maksimalnih i minimalnih temperatura vode u Vranskom jezeru, kao i njihovi pripadajući trendovi (1979.-2019.)



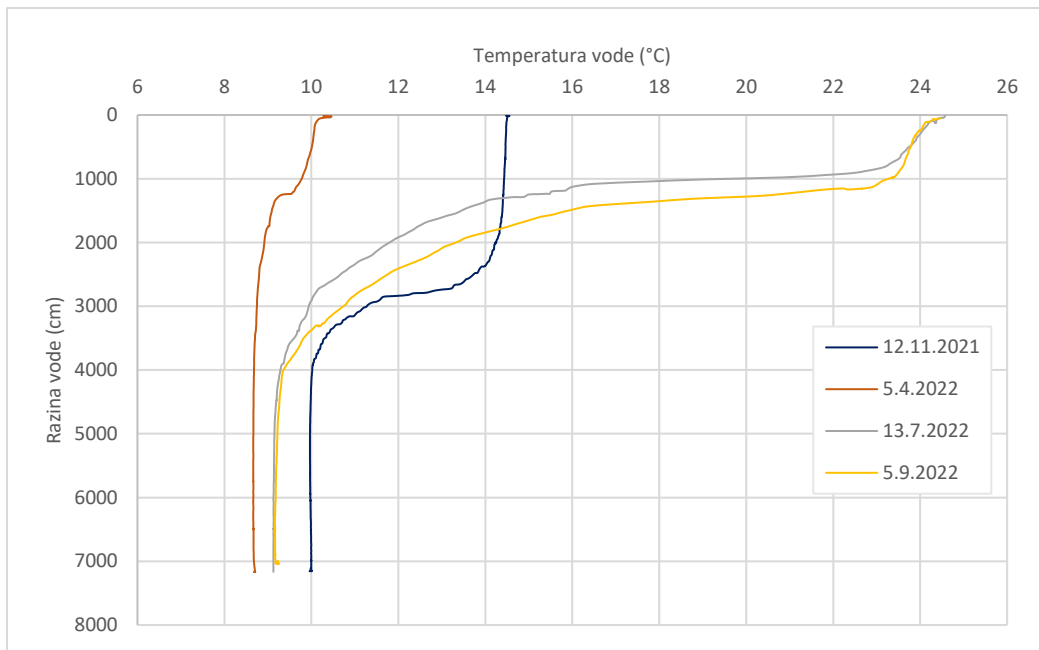
Slika 2.2.4. Unutar godišnja raspodjela srednjih, maksimalnih i minimalnih temperatura vode u Vranskom jezeru (1979.-2019.)

U nastavku je dan prikaz rezultata praćenja temperature vode i električne vodljivosti na profilu najdubljeg dijela jezera (cca 74 m), što je provođeno u okviru UKV projekta (Slika 2.2.5). Mjerni uređaji postavljeni su 12.11.2021. godine na 10-ak m od površine te 10-ak m od dna jezera. Sa slike je vidljivo da je temperatura vode tijekom cijelog razdoblja opažanja pri dnu konstantna (oko 9,1°C), dok se pri površini jako mijenja – najniža je u mjesecu travnju i iznosi 8,5°C, a najviša u kolovozu i iznosi 25,8°C. Električna vodljivost pri dnu i pri površini je vrlo slična i prosječno iznosi 0,43 mS/cm. Vidljivo je i da tijekom zimskih mjeseci (siječanj-ožujak) dolazi do miješanja površinskih voda s onima na dnu, nakon čega se ponovnim zagrijavanjem jezera formira termoklina i postoji velika diferenciranost površinske vode i vode na dnu jezera. Mehanizam miješanja vidljiv je i po promjenama u električne provodljivosti i promjeni položaja slojeva vode na površini i pri dnu jezera.



Slika 2.2.5. Prikaz temperature i električne vodljivosti jezera na najdubljem dijelu Vranskog jezera (12.11.2021.-31.8.2022.) (UKV, 2022)

U okviru UKV projekta izmjerene su u nekoliko navrata i promjene temperature vode po cijeloj dubini jezera, što je vidljivo na slici 2.2.6. Temperature su izmjerene u prosincu 2021., te u travnju, srpnju i rujnu 2022. godine. U jesen i proljeće dolazi do miješanja vode u jezeru je te je vidljivo da je tijekom travnja vrlo slična temperatura vode kroz cijelu dubinu jezera (razlika manja od 2°C). Površinski sloj vode prati sezonska kolebanja temperature zraka, u srednjem dijelu (termoklina) dolazi do nagle promjene temperature (preko 10°C tijekom ljetnih mjeseci), dok je donji sloj stalno pri niskim temperaturama. Sa slike je vidljivo da nakon 40 metara dubine nema više promjena u temperaturi vode.



Slika 2.2.6. Temperature vode po dubini jezera (UKV, 2022)

2.3. Crpljenje

Vodoopskrba otoka Cresa i Lošinja planirana je još za doba talijanske uprave otokom kao nezavisan otočki vodoopskrbni sustav sa zahvatom voda iz Vranskoga jezera na otoku Cresu. Izgradnja vodovoda započela je 1946.g., izgradnjom crpne postaje kapaciteta 25 l/s. Najprije se krenulo u realizaciju sjevernog kraka tako da je Orlec, kao prvo otočko naselje, vodu dobilo 1952.g., a Cres 1953. Slijedila je i izgradnja južnog kraka tako da Belej dobiva vodu 1955., a Mali Lošinj 1960. Ubrzo zatim je, zbog povećane potrošnje na području Lošinja, godine 1968. povećan kapacitet crpne stanice dodatkom još jednog crpnog agregata od 80 l/s, a položen je i paralelni cjevovod na južnom ogranku (GEO-5, 2015). 1987. godine, izgrađena je nova crpna postaja (Slika 2.3.1) locirana neposredno uz dotadašnju, na koti platoa od 18,5 m n.m. i s kotom dna crpnog bazena od 5 m n.m., te je njen projektirani kapacitet bio 5*87,5 l/s. Crpljenja na staroj crpnoj postaji su prekinuta u rujnu 1989.g., zbog po prvi puta zabilježenih vrlo niskih razina vode u jezeru, i od tada se crpljenja u potpunosti vrše na novoj crpnoj postaji.



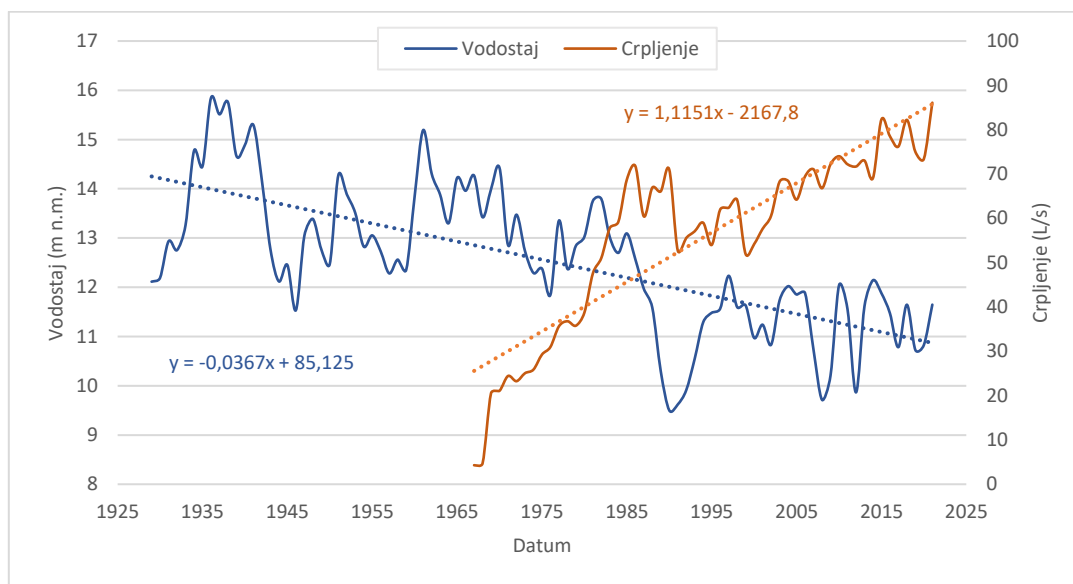
Slika 2.3.1. Stara (desno) i nova (lijevo) crpna postaja

Od početka crpljenja do kraja 2021. godine iz jezera je ukupno iscrpljeno oko 96,5 mil. m³ vode. Kada bi se uzelo da jezero ima srednji volumen vode od oko 220 mil. m³ pitke vode, to bi bilo oko 44% od ukupnog volumena jezera. Maksimalna godišnja količina crpljenja zabilježena je 2021. godine i iznosila je 2,71 mil. m³, odnosno prosječno 86 l/s. Tijekom posljednjih 20. godina, od 2001. do 2021., prosječna vrijednost godišnjih crpljenja iznosi oko 73 l/s, dok su tijekom cjelokupnog razdoblja zahvaćanja vode iz Vranskog jezera iznosila 56 l/s. Najveće prosječno dnevno crpljenje dosegnuto je u ljeti 2022.g. s iznosom od 178 l/s. U tablica 2.3.1 dana su mjesečna i godišnja crpljenja za cijelo razdoblje opažana (1967.-2021.) kao i za posljednjih 10 godina (2012.-2021.).

Tablica 2.3.1. Karakteristične mjesečne i godišnje vrijednosti crpljenja (l/s) iz Vranskog jezera za cijelo razdoblje 1967.-2021. i za posljednjih 10 godina (2012.-2021.)

	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	God
1967. - 2021.													
Sr	36	37	39	44	51	69	98	103	66	45	39	37	56
Stdev	14	14	15	17	19	28	37	39	24	16	14	13	20
Cv	0,37	0,37	0,38	0,38	0,37	0,40	0,38	0,37	0,36	0,35	0,36	0,35	0,36
Max	54	57	65	75	81	118	152	155	110	77	68	56	86
Min	3,0	2,9	2,9	3,2	4,0	5,2	6,9	7,6	5,4	3,8	3,0	3,1	4,3
2012. - 2021.													
Sr	50	51	55	62	70	103	137	141	89	59	53	50	77
Stdev	4	5	6	6	6	9	12	10	10	7	7	3	5
Cv	0,07	0,09	0,10	0,10	0,09	0,09	0,08	0,07	0,12	0,12	0,14	0,06	0,07
Max	54	57	65	75	81	118	152	155	110	77	68	56	86
Min	44	44	47	54	60	86	111	123	77	51	47	45	69

Na slici 2.3.2 dan je prikaz godišnjeg hoda crpljenja u razdoblju od 1967. do 2021. Radi usporedbe na slici je dan prikaz i srednjih godišnjih razina jezera. Tijekom cijelog promatranog razdoblja, vidljiv je vrlo izražen trend povećanja crpljenja od 115 l/s/100 god. Također je vidljivo da trend opadanja razina vode u jezeru koincidira s naglim povećanjem količina crpljenja koje se događalo tijekom osamdesetih godina prošlog stoljeća. Prisutan je trend globalnog povećanja temperatura zraka koji uvjetuje povećanje evapotranspiracije i smanjenje efektivnih oborina, no značajan dio trenda smanjenja razine vode u jezeru može se pripisati upravo povećanjem crpljenja.



Slika 2.3.2. Godišnji hod srednjih razina jezera (1929.-2021.) i godišnjih količina crpljenja (1967.-2021.)

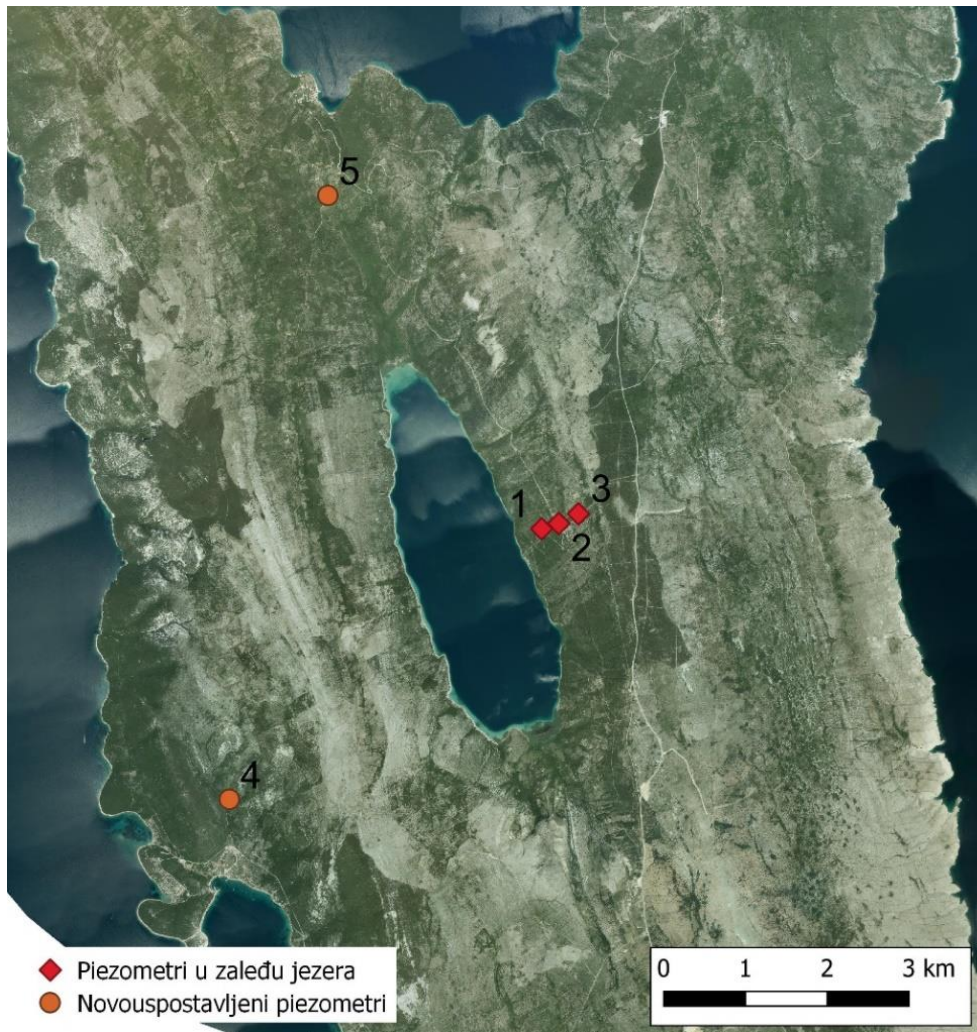
2.4. Podzemne vode

Dinamika kolebanja razina podzemnih voda je jedna od temeljnih podloga za utvrđivanje međuodnosa vodnih pojava s kojih se zahvaćaju vode za vodoopskrbu (izvorišta, jezera) i njihova krškog vodonosnika i sliva. Nažalost, zbog nehomogenosti krških vodonosnika i velikih dubina bušenja, vrlo rijetko su na raspolaganju i takve podloge koje se mogu smatrati reprezentativnim za ocjenu stanja u krškim vodonosnicima. No, zbog važnosti Vranskoga jezera, od strane Instituta za geološka istraživanja iz Zagreba tijekom 1995. godine izvedena je prva bušotina u zaleđu vodozahvata jezera, na udaljenosti 325 m od ruba jezera. Kota vrha cijevi je na 132,73 m n.m., dubina bušenja iznosila je 200 m, tako da je njezina dubina za cca 6 m niža od najveće dubine Vranskoga jezera. Na njoj je izveden piezometar PZ-1. Radi se o lokalitetu vrlo strme konfiguracije, a spomenuta je bušotina/piezometar, kao i još dva druga (PV-2 i PV-3), izvedena neposredno uz prilaznu cestu vodospremi. Piezometar PZ-2 je od jezera udaljen 520 m, s vrhom cijevi na 220,42 m n.m., a dubina bušenja 300 m, tako da joj je dno 18 m dublje od najniže točke u Vranskom jezeru. Piezometar PZ-3 je od jezera udaljen 825 m, a dubina mu je također 300 m, tako da se dno bušotine visinski nalazi oko 37 m poviše u odnosu na najnižu dubine u jezeru. No, piezometar PZ-3 je zaglavljnjen i nije više u funkciji (Institut za geološka istraživanja, 1998; GEO-5, 2015).

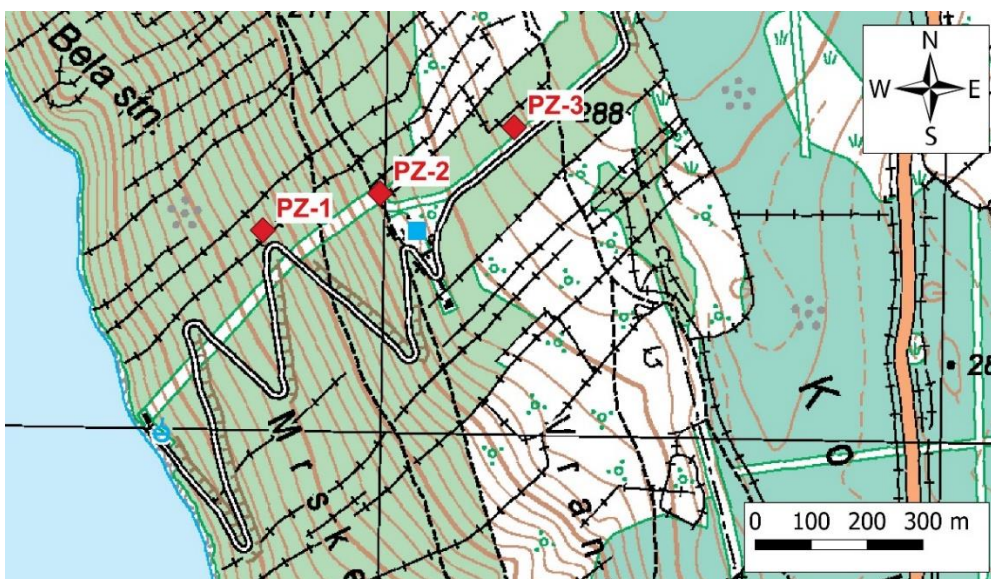
Piezometri su u nekoliko navrata aktivirani i prestajalo se s motrenjima na njima, a posljednji put u sklopu UKV projekta (UKV, 2022), kada su postavljeni mjerni uređaji u piezometre PZ-1 i PZ-2. Uređaji su postavljeni 8.11.2021. i radili su do kraja kolovoza 2022. godine. Na slici 2.4.1 i 2.4.2 dan je prikaz položaja spomenutih piezometara iz koje je vidljivo da su, zbog konfiguracije terena i velikih nadmorskih visina, sva tri piezometra locirana relativno blizu jezera, a i međusobno, te su na taj način informacije koje daju njihovi podaci ograničene.

Također na slici 2.4.1 dan je položaj i novouspostavljenih piezometara u sklopu danog projekta. Naime, u sklopu njegove realizacije u okviru Grupe 1 izbušena su dvije nove 200 metarske bušotine u koje su postavljeni piezometri kojima je bio cilj sagledati stanje u dijelu krškog vodonosnika koji okružuje Vransko jezero u potencijalnim zonama otjecanja iz jezera. Radi se o lokacijama piezometra Martinšćica (PZM): E 329801 i N 4967697 na nadmorskoj visini 107 m n.m., te piezometra Valun (PZV): E 331237 i N 4974873 na nadmorskoj visini 132,5 m n.m. (Slika 2.4.3). Detaljan opis spomenutih piezometarskih bušotina sadržan je u elaboratima Geoida Beroš d.o.o. (2021) te GEO-5 d.o.o. (2022), a prikaz karakterističnih rezultata provedenog monitoringa u sklopu ovog dokumenta.

U bušotinama su postavljeni mjerni uređaji za praćenje razina podzemnih voda, temperature i električne vodljivosti koje informacije služe za ocjenu rizika od prodora zaslanjene morske vode u jezerski sustav. U obje piezometarske bušotine, postavljena su dva mjerna uređaja dne 17.12.2021. i mjerili su do 15.12.2022. U piezometru Valun uređaji su postavljeni na -8 m n.m. i na -57,5 m n.m., a u piezometru Martinšćica na -3,9 m n.m. i -83 m n.m. Za napomenuti je da je tijekom monitoringa dolazilo do izvjesnih problema/zastoja s monitoringom na dublje postavljenoj sondi u piezometru Martinšćica. No, provedenim dopunskim sondiranjem po dubini bušotine u odabranim hidrološkim situacijama, dobio se je vrlo jasan prikaz međuodnosa slatke i slane vode na toj lokaciji.



Slika 2.4.1. Položaj piezometara u okolici Vranskog jezera: 1-PZ1, 2-PZ2, 3-PZ3, 4-Martinšćica, 5-Valun



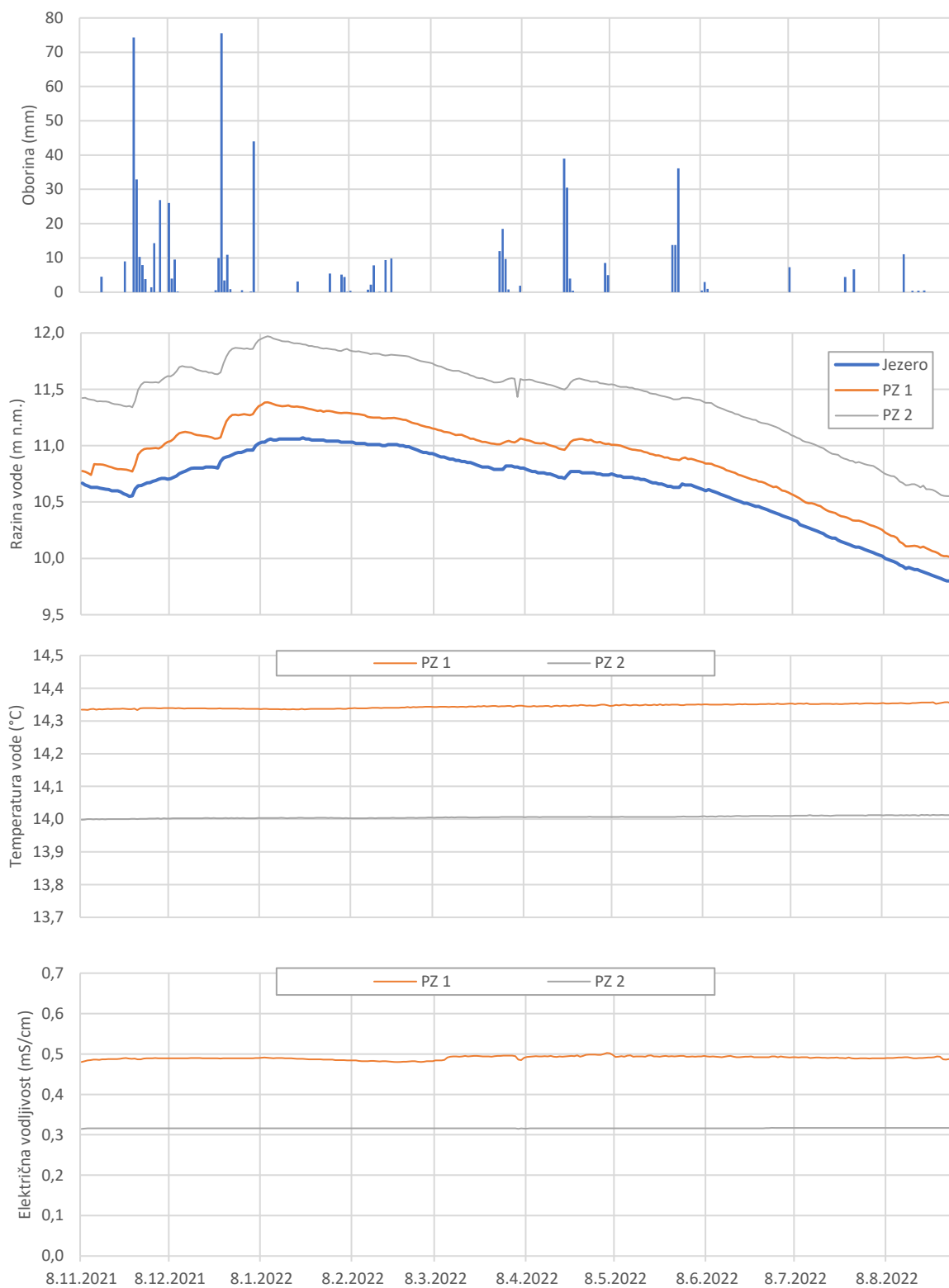
Slika 2.4.2. Situacija položaja piezometara u zaleđu Vranskog jezera



Slika 2.4.3. Završni dio izvedenih piezometara Valun - PZV (lijevo) i Martinšćica - PZM (desno)

Prikaz karakterističnih podataka o kolebanjima razine vode, temperature vode i električne provodljivosti na dvama spomenutim još pred 25 godina izbušenim piezometrima, kao i dvama novim čiji je monitoring započeo pred godinu dana, dan je u nastavku. Za napomenuti je da su na tim novim piezometrima sonde bile postavljene pri vrhu i dnu bušotine kako bi se kontinuirano pratile promjene u donjim dijelovima vodonosnika koji okružuje Vransko jezero, u zonama potencijalnih gubitaka vode iz jezera.

Na slici 2.4.4 dan je prikaz međuodnosa palih oborina, razine vode u piezometrima PZ1 i PZ 2 te razine vode u Vranskom jezeru, kao i njihovih temperatura i električne vodljivosti. Vidljivo je da je razina vode u piezometrima bila viša od razine vode u jezeru, i to na PZ2 s nešto većom razlikom zbog veće udaljenosti od jezera. No, razlike u razina vode bile su vrlo ujednačene, s za oko 20-tak cm naglašenijim razlikama u vodnijem razdoblju kada se u vodonosniku provodi akumuliranje palih oborinskih voda. Temperatura podzemnih voda vrlo je ujednačena, pri čemu piezometar P1 pokazuje za oko 0,3°C višu temperaturu vode te nešto manje od 0,2 mS/cm električnu vodljivost što je vjerojatna posljedica blizine samog jezera koje se u postojećem stanju uglavnom zaslanjuje posolicom nošenom burom.



Slika 2.4.4. Prikaz razina vode, temperature i električne vodljivosti u piezometrima PZ1 i PZ2 i dnevnih oborina na postaji Vransko jezero (8.11.2021.-31.8.2022.) (UKV, 2022)

Ukoliko se usporede podaci s dvaju novoizvedenih piezomeatra, kako sa sondi unutar iste bušotine tako i međusobno, vidljivo je da postoje značajne razlike u odnosu na stanje u prethodno prikazanim dvama piezometrima u zaleđu CS Vrana. Sa slike 2.4.5 i iz tablice 2.4.1 vidljivo je da su u piezometru Valun (PZV) i temperatura i električna vodljivost na obje dubine/nadmorske razine vrlo slične. Tijekom razdoblja monitoringa, srednja temperatura vode u piezometru Valun iznosi 13,6°C, a električna vodljivost oko 0,77 mS/cm. Srednja razina vode iznosi 8,95 m n.m., dok je razlika između najveće i najmanje razine oko 6,5 metra.

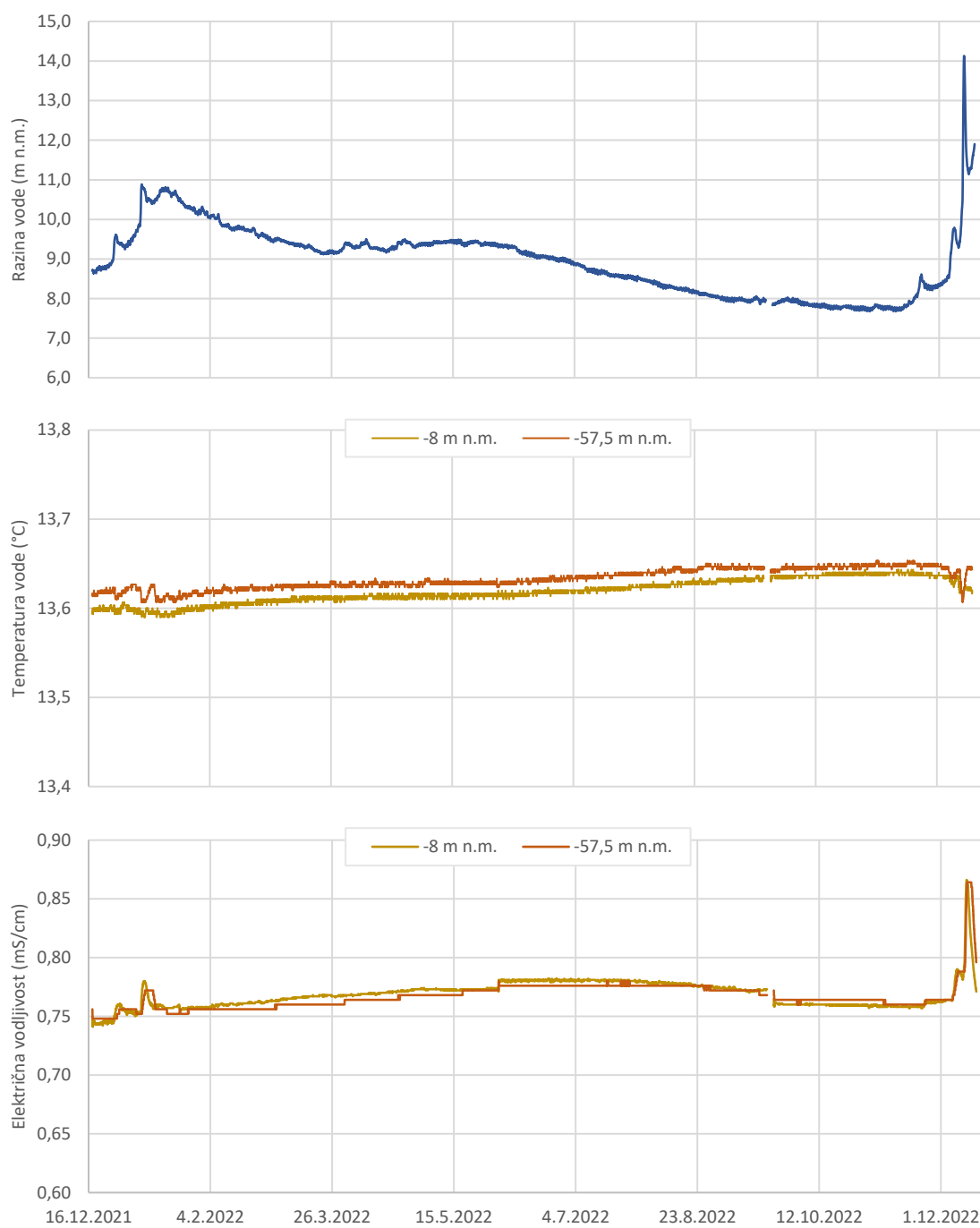
U piezometru Martinšćica (PZM) situacija je drugačija nego u piezometru Valun zbog jačeg utjecaja morske vode koja se dublje pruža u podzemlju ispod sloja slatke vode u priobalnom otočkom vodonosniku. Vidljivo je da pri površini na -3,9 m n.m. električna vodljivost iznosi 1,31 mS/cm (što je više nego kod piezometra Valun), a da pri dnu na -83 m n.m. je puno veća i iznosi čak oko 20 mS/cm. Kao što vidimo sa slike 2.4.6, tijekom dva mjeseca (28.3.-2.6.2022.) mjerni uređaji nisu bili na postavljenim nadmorskim visinama. Došlo je do pomaka te su uređaji mjerili na 1,8 m n.m. i na -4,5 m n.m. Vidljivo je da se sa dubinom povećava električna vodljivost vode. Srednja temperatura vode na -3,9 m n.m. iznosi 14,2°C dok je na -83 m n.m. nešto viša i iznosi 14,8°C. Srednja razina vode iznosi 2,20 m n.m., te je ukupan raspon oscilacije između maksimalne i minimalne razine pet puta manji (oko 1,3 m) nego kod piezometra Valun. No, također vidljivo je da razine vode u piezometru Martinšćica imaju naglašene unutar dnevne oscilacije koje korespondiraju s oscilacijama razine mora zabilježenih na obližnjem mareografu Martinšćica, dok kod piezometra Valun to nije slučaj zbog izoliranijeg položaja uvjetovanog geološkom strukturom na tom području, odnosno takve su oscilacije vrlo prigušene. No, pojava značajnijih oborina u prosincu 2022, na kraju razdoblja početne godine dana monitoringa, uvjetovala je ne samo značajniji porast razina podzemnih voda, nego i njihovo miješanje unutar pijezometarske bušotine, kao i povećanje električne provodljivosti uslijed potiskivanja zaslanjenije vode iz dubljih dijelova okolnog krškog vodonosnika. S druge strane, na lokaciji pijezometra Martinšćica, pale oborine u prosincu povećale su razine podzemnih voda, ali nisu uvjetovala povećanje električne provodljivosti u bušotini nego blago smanjenje.

Tablica 2.4.1. Srednja, maksimalna i minimalna vrijednost razine, temperature i električne vodljivosti vode u piezometru Valun

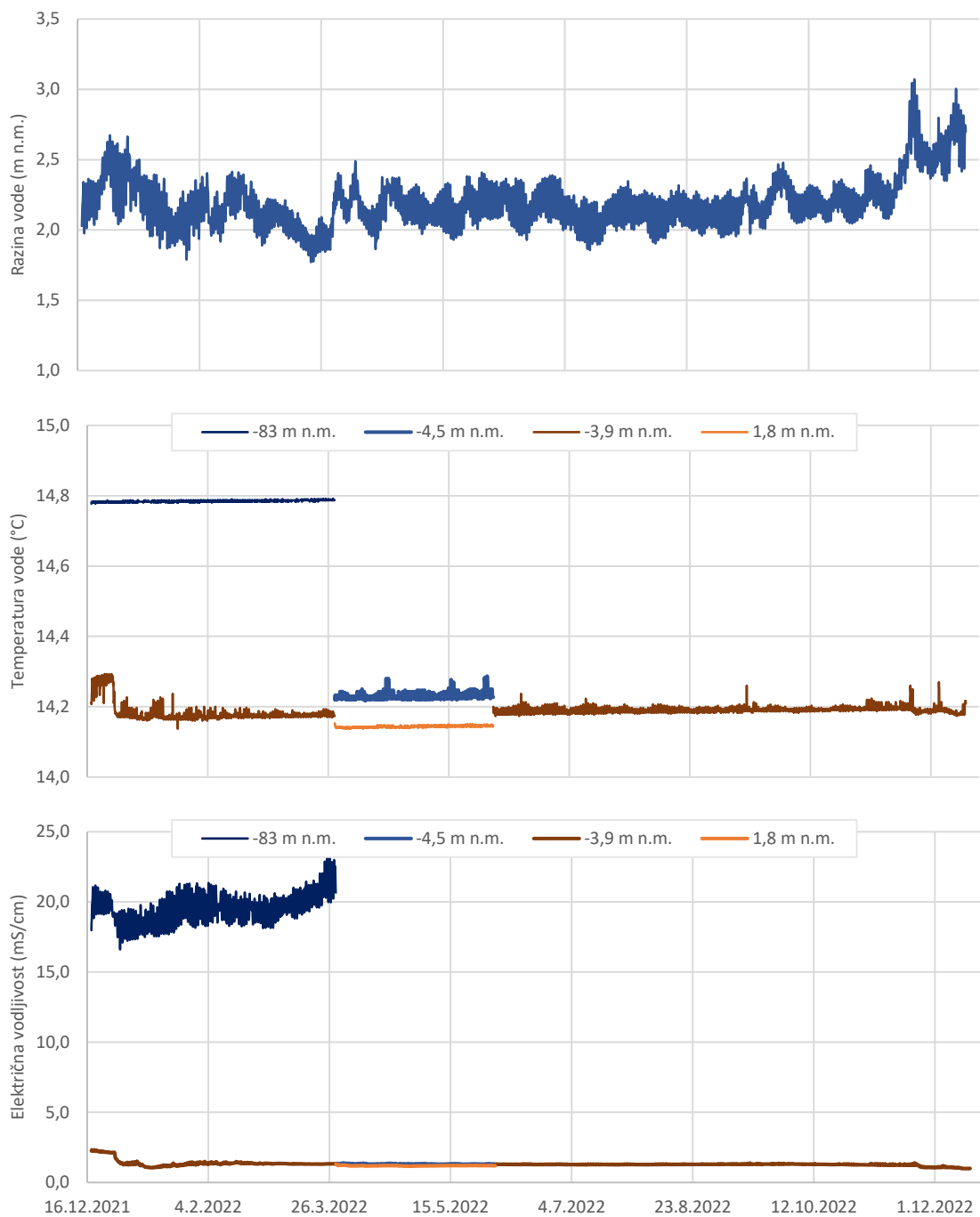
	Razina (m n.m.)	Temperatura vode (°C)		Električna vodljivost (mS/cm)	
		-8 m n.m.	-57,5 m n.m.	-8 m n.m.	-57,5 m n.m.
Sr	8,95	13,6	13,6	0,769	0,767
Max	14,1	13,6	13,7	0,866	0,864
Min	7,66	13,6	13,6	0,741	0,748

Tablica xx. Srednja, maksimalna i minimalna vrijednost razine, temperature i električne vodljivosti vode u piezometru Martinšćica

	Razina (m n.m.)	Temperatura vode (°C)		Električna vodljivost (mS/cm)	
		-3,9 m n.m.	-83 m n.m.	-3,9 m n.m.	-83 m n.m.
Sr	2,20	14,2	14,8	1,31	19,6
Max	3,07	14,3	14,8	2,33	23,3
Min	1,77	14,1	14,8	0,99	16,6



Slika 2.4.5. Prikaz razine, temperature i električne vodljivosti vode u piezometru Valun u razdoblju od 17.12.2021. do 15.12.2022.



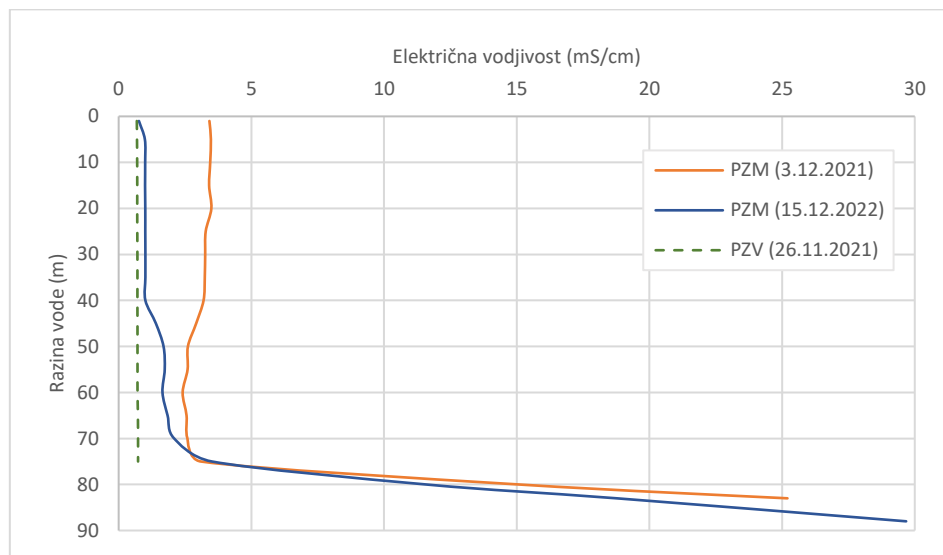
Slika 2.4.6. Prikaz razine, temperature i električne vodljivosti vode u piezometru Martinšćica u razdoblju od 17.12.2021. do 15.12.2022.

Tijekom projekta, radi kontrole vertikalne promjene temperatura vode i električne vodljivosti, mjerni uređaji su u nekoliko navrata spuštani u piezometarsku bušotinu sa intervalom skupljanja podataka od 1 sekunde. Na slici 2.4.7 dani su rezultati električne vodljivosti vode po dubini bušotine u piezometrima Martinšćica (3.12.2021. i 15.12.2022.) i Valun (26.11.2021.), dok su na slici 2.4.8 dani rezultati temperature vode po dubini bušotine za iste dane.

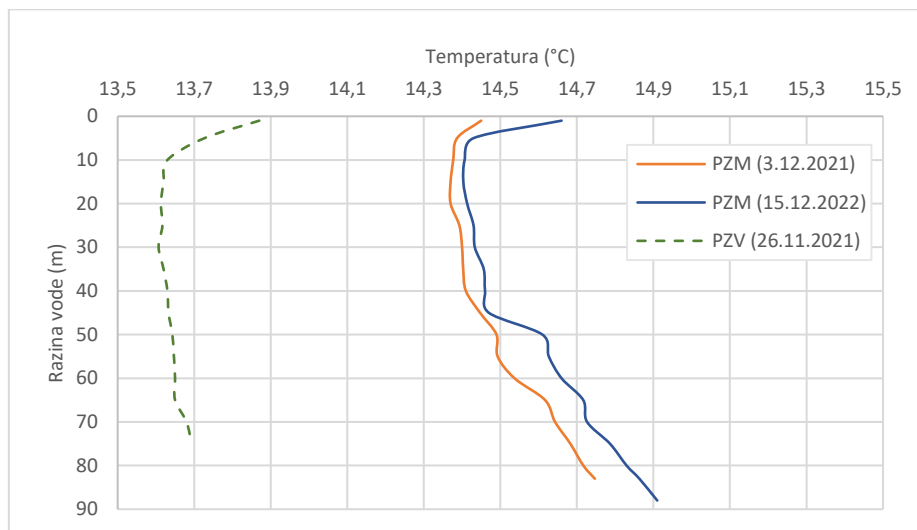
Sa slike 2.4.7 vidljivo je da električna vodljivost ista cijelom dubinom u piezometru Valun i iznosi oko 0,7 mS/cm, dok u piezometru Martinšćica ona se mijenja - od vrha do cca 75 metara električna

vodljivost je skoro konstantna (3.12.2021 oko 3 mS/cm, a 15.12.2022 oko 1 mS/cm), ali od 75 m pa do dna bušotine ona naglo poraste do 25 mS/cm, odnosno na dne 15.12.2022 do 30 mS/cm pri dubini od 88 m.

Sa slike 2.4.8 vidljivo je da na piezometru Valun temperatura vode pada do cca 10 m te nakon toga je vrlo slična cijelom dubinom. Kod piezometra Martinšćica vidljivo je da temperatura vode do cca 5 metara pada, a nakon toga lagano raste do dna bušotine (za cca 0,4°C).



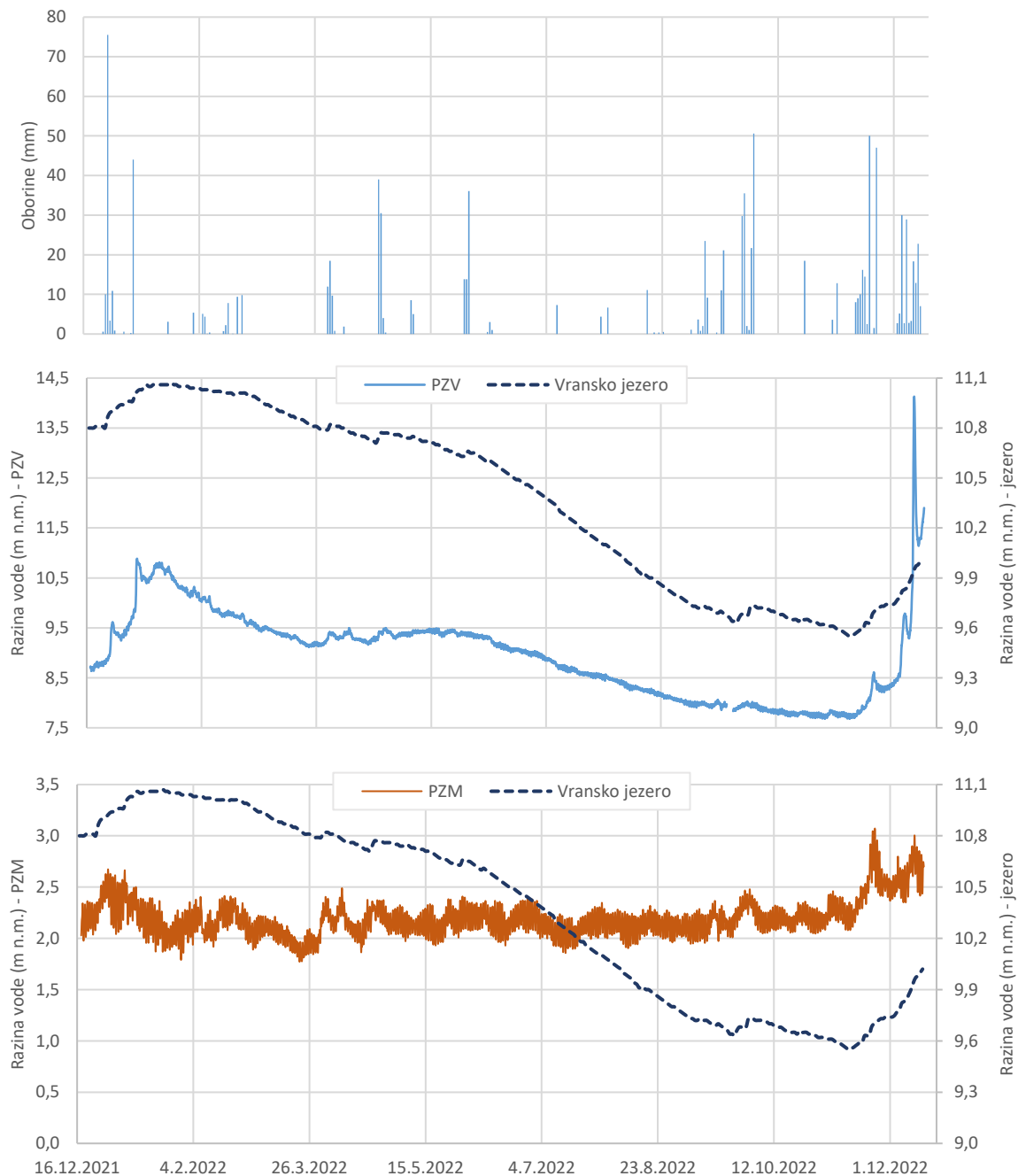
Slika 2.4.7. Prikaz električne vodljivosti vode po dubini u piezometrima Martinšćica (3.12.2021. i 15.12.2022.) i Valun (26.11.2021.)



Slika 2.4.8. Prikaz temperature vode po dubini u piezometrima Martinšćica (3.12.2021. i 15.12.2022.) i Valun (26.11.2021.)

Provedena je i međusobna usporedba podataka sa analiziranih piezometara (Slika 2.4.9), iz koje je vidljivo da piezometar Valun ima naglašeniji ukupan raspon oscilacije podzemnih voda što ukazuje na usporenije kretanje podzemnih voda u fazama punjenja i pražnjenja krškog vodonosnika. Razina

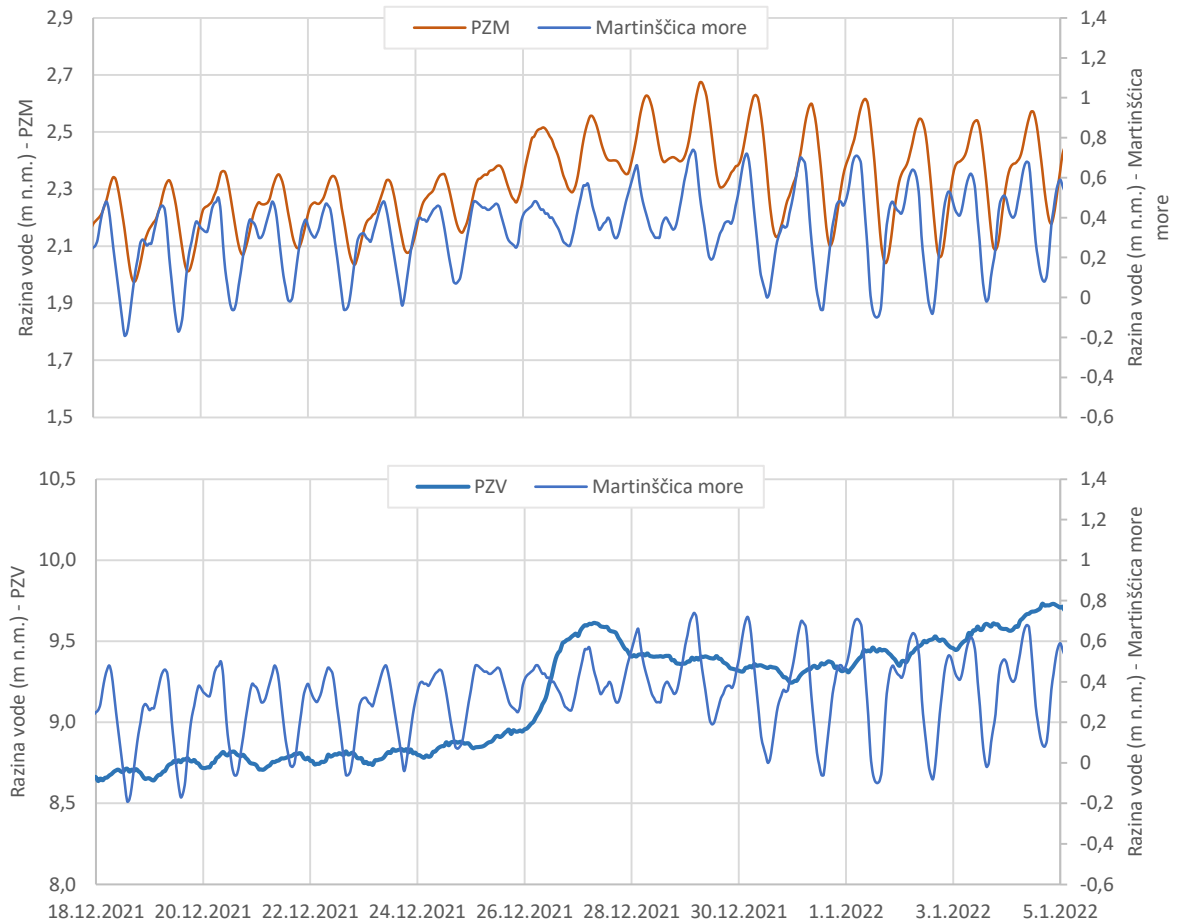
podzemnih voda u piezometru Valun ima slična obilježja kolebanjima vode u Vranskom jezeru, ali s naglašenijim rasponom. Podzemne vode u piezometru Martinšćica ne pokazuju ovisnost o stanju razina vode u Vranskom jezeru – pogotovo je to vidljivo u prosincu 2022., ali intenzivnija infiltracija oborinskih voda uvjetuje porast razina podzemnih voda na tom području.



Slika 2.4.9. Prikaz razine vode u piezometrima Valun i Martinšćica u usporedbi sa razinama vode u jezeru i oborinama na postaji Vransko jezero (17.12.2021. – 15.12.2022.)

Provedena je i usporedba dinamike unutar dnevnih kolebanja razina podzemne vode u piezometru Martinšćica i mora na mareografu Martinšćica (Slika 2.4.10), iz koje je vidljivo vrlo izražena koincidencija njihovih unutar dnevnih oscilacija, kao i da je raspon unutar dnevnih kolebanja razine

podzemnih voda u nekim situacijama i vrlo blizak unutar dnevnim rasponima kolebanja razine mora. Kod piezometra Valun, raspon unutar dnevnih oscilacija podzemnih voda u piezometru je vrlo malen i iznosi do oko 10 cm.



Slika 2.4.10. Prikaz razine vode u piezometrima Valun i Martinšćica u usporedbi sa razinama mora na mareografu Martinšćica (17.12.2021. – 15.12.2022.)

2.5. Kakvoća vode

Zbog svoje važnosti uključivanja u vodoopskrbu od 1952. godine Vransko jezero kroz duži niz godina ima organizirani monitoring praćenja fizikalno-kemijskih i kemijskih pokazatelja kakvoće vode. To se prvenstveno odnosi na monitoring Hrvatskih voda kojim se prati kvaliteta jezerske vode od 1986. godine. U razdoblju od 1986. do kraja 2013. godine pratila se kvaliteta površinske vode te kvaliteta pridnenog sloja. Od 2014. godine kvaliteta vode Vranskog jezera pratila se kao kompozitni uzorak. Mijenjale su se i lokacije uzorkovanja, pri čemu je najustaljenija bila iz čamca, blizu vodozahvata, oko 250 m od obale kod CS Vrana.

Kompozitni uzorak vode uzima se prema slijedećim pravilima:

- 1) Tijekom faze miješanja vode u dubokim jezerima kao što je Vransko jezero uzorak vode uzima se kao kompozitni uzorak najdublje do dubine od 20 m ili do dubine od 1 m od dna. Uzorak vode uzima se na svaka dva metra dubine, izdvaja se jednak udio vode i miješa u kompozitni uzorak.
- 2) U fazi ljetne stratifikacije jezera (jezera s dubinom većom od 10 m) uzorkuje se ovisno o turbiditetu jezera:
 - Turbidna jezera kod kojih je dubina eufotičke zone manja od dubine epilimnija (Zeu<Zepi) - kompozitni uzorak se dobiva uzorkovanjem cijelog stupca epilimnija
 - Bistra jezera kod kojih je dubina eufotičke zone veća od dubine epilimnija (Zeu>Zepi) – kompozitni uzorak se dobiva uzorkovanjem cijelog stupca eufotičke zone

Određivanje eufotičke zone = (2,5 x Secchi dubina)

Prije postupka uzorkovanja usporedi se je li veću dubinu doseže eufotička zona ili zona epilimnija, nakon čega se obavlja uzorkovanje. Obzirom da je u slučaju Vranskog jezera, dubina eufotičke zone veća od dubine epilimnija uzorkovanje se obavlja tako da se kompozitni uzorak dobiva uzorkovanjem cijelog stupca eufotičke zone.

Osim uzorkovanja i monitoringa od strane Hrvatskih voda, a obzirom da se voda jezera koristi kao izvor vode za ljudsku potrošnju, kvaliteta vode ispitivana je i prema Zakonu o vodi za ljudsku potrošnju (NN 56/13, NN 14/14, NN 64/15, NN 104/2017, NN 115/2018, NN 16/20). Zakonom je utvrđeno praćenje kvalitete jezerske vode jedan put godišnje u obimu pokazatelja "B" analize koji propisuje Pravilnik o parametrima sukladnosti, metodama analize, monitoringu i planovima sigurnosti vode za ljudsku potrošnju te načinu vođenja registra pravnih osoba koje obavljaju djelatnost javne vodoopskrbe (NN 125/2017, NN 39/20). Ovaj se monitoring naziva monitoring Ministarstva zdravstva.

Iz svega navedenog, obrađeni su skupni podaci dobiveni monitoringom Hrvatskih voda i monitoringom Vranskog jezera prema programu i opsegu pokazatelja koji propisuje Pravilnik (NN 125/17, NN 39/20).

Rezultati mjerenja iskazani su uobičajenim statističkim pokazateljima - srednja vrijednost, minimalna i maksimalna vrijednosti te medijan rezultata mjerenja. U prikazanim rezultatima koji su dobiveni iz baze Hrvatskih voda ima ponekih upitnih vrijednosti, vjerojatno uslijed nekih slučajnih grešaka, no koje nisu neposredno utjecale na dane zaključke i ocjene pojedinih analiziranih pokazatelja.

2.5.1. Rezultati praćenja fizikalno-kemijskih i kemijskih pokazatelja vode

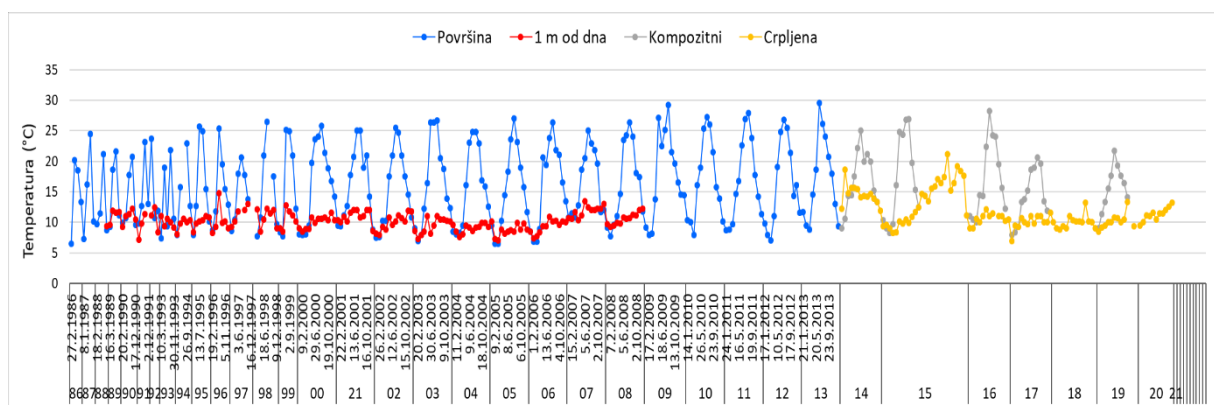
2.5.1.1. Temperatura vode

Temperatura vode pokazuje uobičajene oscilacije koje su najbolje vidljive u uzorcima površinske vode koje prate sezonska kolebanja temperature zraka (Slika 2.5.1). Minimalna vrijednost iznosi 6,5 °C dok je maksimalna vrijednost (29,6 °C) izmjerena tijekom srpnja 2013. godine. U razdoblju od 2009. do 2013. godine primjećuje se blagi trend porasta temperature površinske vode s temperaturama većim od 25 °C.

Srednja temperatura mjerena u uzorcima vode 1 m od dna iznosi 10,2 °C s rasponom vrijednosti od (7,1 °C do 14,8 °C).

Vrijednosti temperature kompozitnih uzorka variraju obzirom na vremensko razdoblje uzimanja uzoraka i više su u ljetnim mjesecima s maksimalno izmjerenom temperaturom od 28,2 °C koja je izmjerena 2016. godine. Tijekom 2017. i 2019. godine primjećuje se pad u temperaturi kompozitnog uzorka koja nije dosegla vrijednost veću od 20,6 °C odnosno 21,7 °C.

Temperaturna praćenja crpljene vode koja se prati od 2014. godine ukazuju da je temperatura vode niža u odnosu na temperaturu vode kompozitnog uzorka, što je i razumljivo obzirom da se voda Vranskog jezera za potrebe vodoopskrbe crpi s dubine od oko 35 m.



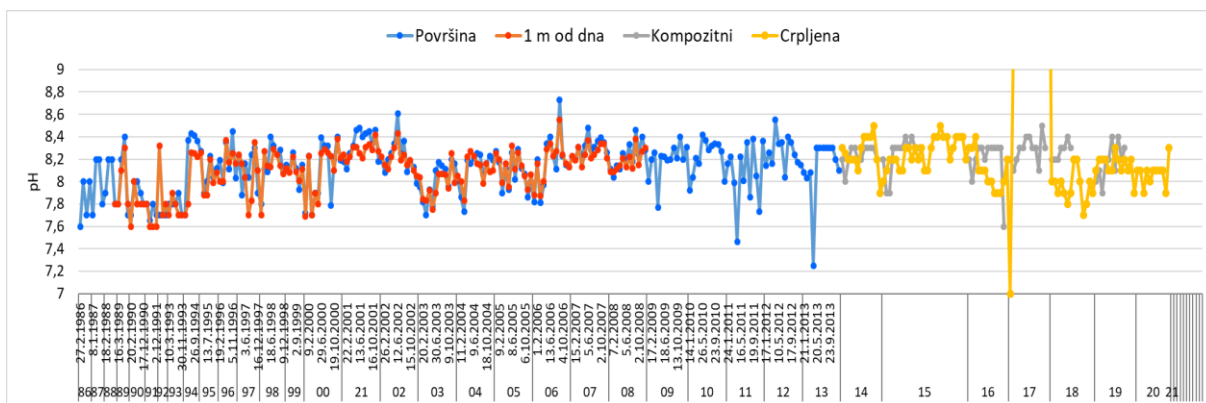
Slika 2.5.1. Praćenje temperature vode Vranskog jezera u razdoblju od 1986. do 2020. godine

2.5.1.2. pH vrijednost

Vrijednosti pH variraju od 7,25 do 8,73. U crpljenoj vodi, koja se distribuira u sam vodoopskrbni sustav, pH vode varira u rasponu vrijednosti od 7,7 do 8,5, što je dozvoljena vrijednost sukladno Pravilniku (NN 125/17, NN 39/20).

Razlike u pH vrijednosti površinske vode i 1 m od dna nisu značajne i kreću se u rasponu od 7,25 do 8,73 za površinsku vodu i od 7,6 do 8,55 za vodu koja je uzorkovana 1 m od dna (Slika 2.5.2).

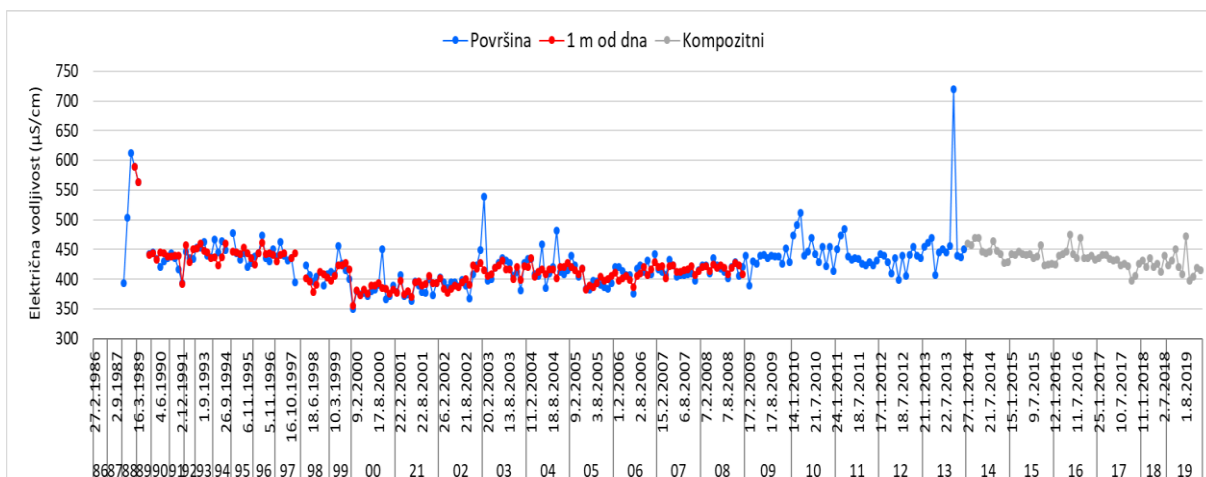
Vrijednosti kompozitnog uzorka su od 7,6 do 8,5.



Slika 2.5.2. Kretanja pH vrijednosti vode Vranskog jezera u razdoblju od 1986. do 2020. godine

2.5.1.3. Električna vodljivost

Električna vodljivost vode vezana je uz ionski sastav vode u kojem dominiraju ioni klorida, sulfata, natrija, kalija, kalcija i magnezija. Električna vodljivost površinske vode u jezeru kretala se u rasponu od 350 do 720 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Slika 2.5.3). Maksimalna vrijednost od 720 $\mu\text{S}/\text{cm}$ izmjerena je 23.09.2013. Obzirom da nije povezana s povišenim sadržajem iona pretpostavljamo da se radi o greški u podacima. Ukoliko izuzmemo ovu maksimalnu vrijednost, raspon vrijednosti bi bio od 350 do 613 $\mu\text{S}/\text{cm}$ s medijanom od 424 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Vrijednosti pridnenog sloja su ujednačenije, s rasponom vrijednosti od 355 do 589 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (medijan 416 $\mu\text{S}/\text{cm}$). Slično je s vrijednostima kompozitnog uzorka, koje su bile u rasponu od 397 do 475 $\mu\text{S}/\text{cm}$ i s medijanom vrijednosti od 436 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Medijani vrijednosti svih tri vrsta uzorkovanja su vrlo slični.

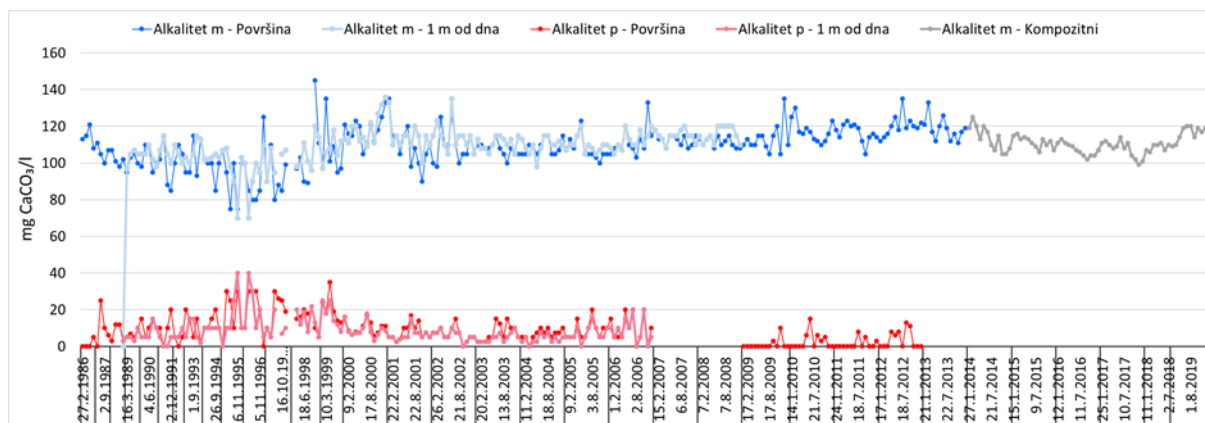


Slika 2.5.3. Vrijednosti elekrovodljivosti vode u razdoblju od 1986. do 2020. godine

2.5.1.4. Alkalitet

Alkalitet vode ispitivao se kao m i p vrijednost na lokacijama površine i dna do kraja 2013. godine. Devedesetih godina bile su nešto niže vrijednosti na površini, u odnosu na kasnija ispitivanja. Raspon vrijednosti kreće se od 75 do 145 mg/l CaCO_3 , s medijanom vrijednosti od 110 mg/l CaCO_3 . U isto vrijeme p vrijednost površine je devedesetih godina viša u odnosu na kasnija ispitivanja. Koncentracije

se kreću od 0 do 35 mg/l CaCO₃, s medijanom od 6,75 mg/l CaCO₃. Alkalitet kompozitnog uzorka s rasponom je vrijednosti od 99 do 125 mg/l CaCO₃. Medijan vrijednosti iznosi 110 mg/l CaCO₃ (Slika 2.5.4).



Slika 2.5.4. Vrijednosti m i p alkaliteta u vodi Vranskog jezera u razdoblju od 1986. do 2019. godine

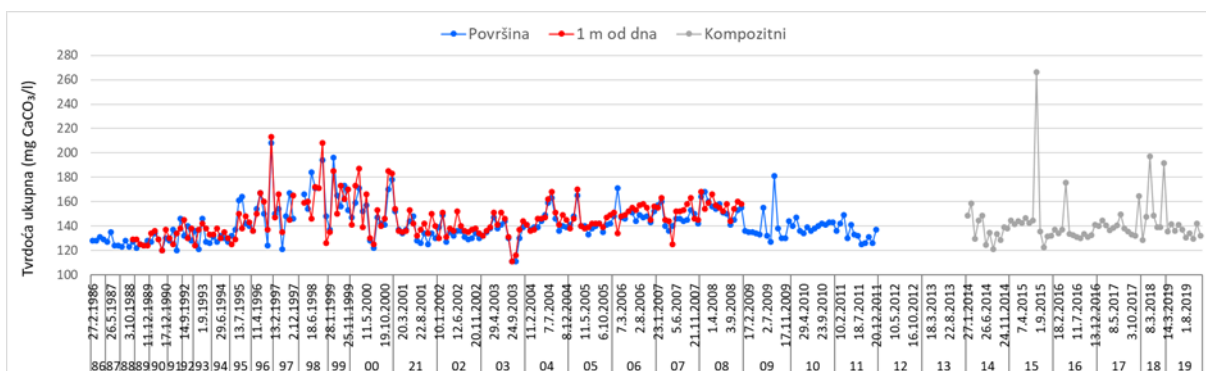
2.5.1.5. Ukupna tvrdoća i ionski sastav

Prema ispitivanim podacima, vrijednosti ukupne tvrdoće do kraja 2013. godine u površinskoj vodi kreću se od 111 do 208 mg/l CaCO₃, s medijanom od 140 mg/l CaCO₃ (Slika 2.5.5).

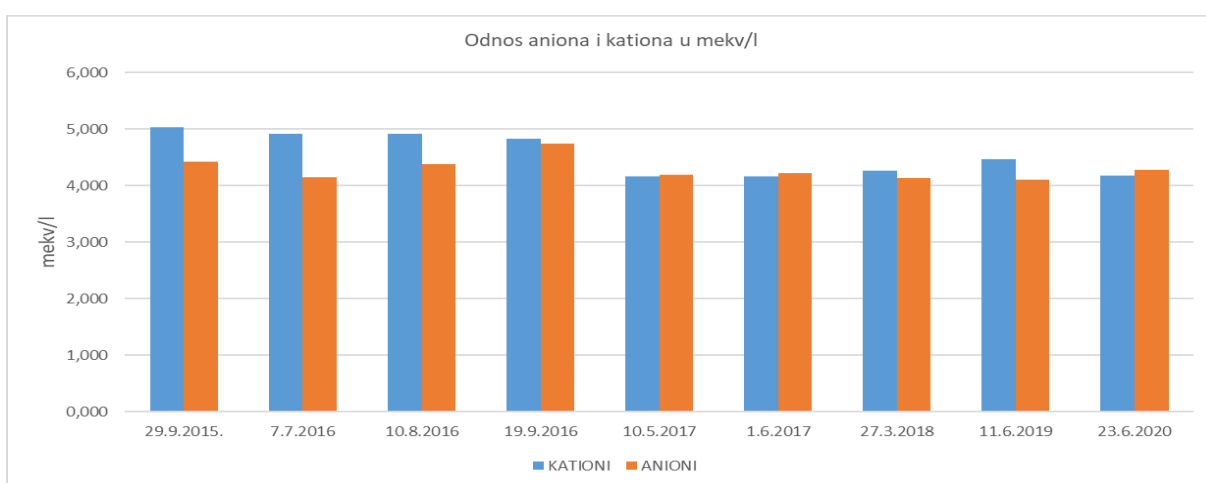
U pridnenom sloju zabilježene su vrijednosti od 111 do 213 mg/l CaCO₃, s medijanom od 144 mg/l CaCO₃. Iz toga možemo zaključiti da u vrijednostima ukupne tvrdoće nema veće razlike između površinskog i pridnenog sloja. Prema vrijednostima ukupne tvrdoće, voda Vranskog jezera se karakterizira kao umjereno tvrda voda kalcij hidrogenkarbonatnog tipa, obzirom da u vodi prevladavaju ioni kalcija u odnosu na ione magnezija.

Izračunom koncentracija u mili ekvivalentima aniona (kloridi, sulfati, hidrogenkarbonati) te kationa (kalcij, magnezij, natrij i kalij) dobiven je balans prikazan kao na Slici 2.5.6, za razdoblje od 2015. do 2020. godine. Najbolji primjer balansa vidljiv je tijekom rujna 2016. te tijekom 2017., 2018., 2019. i 2020. godine. U 2015. i jednim dijelom u 2016. godini vidljiv je manji disbalans u ravnoteži aniona i kationa, što se prije može povezati s razlikom u analitičkom određivanju nego s razlikama u ionskom sastavu vode jezera.

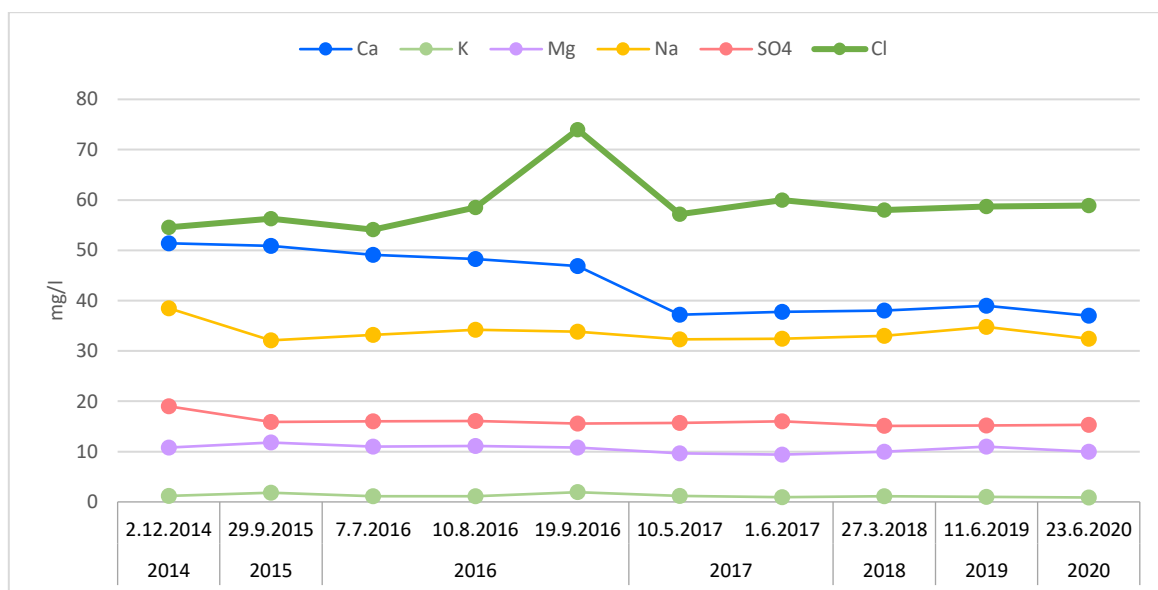
Sadržaj klorida u vodi Vranskog jezera veći je u odnosu na krške vode primorskog kraja. U razdoblju praćenja od 1986. do 2013. godine u površinskoj vodi vrijednosti klorida su u rasponu vrijednosti od 26,35 do 72,0 mg/l s medijanom vrijednosti od 57,5 mg/l. Ova niža vrijednost od 26,35 mg/l utvrđena je samo u jednom mjerenju (14.06.2012.), pa ukoliko bi se ova vrijednost izuzela iz statističke obrade dolazimo do raspona vrijednosti od 50,11 do 72,0 mg/l i medijana vrijednosti od 57,6 mg/l, što je puno bliže vrijednostima klorida koje se uobičajeno detektiraju u vodi Vranskog jezera. U pridnenom sloju koncentracije klorida su se kretale od 48,0 do 70,0 mg/l s medijanom od 58,0 mg/l. Iz ovih rezultata vidljivo je da nema značajnije razlike u koncentracijama klorida površinskog i pridnenog sloja. Vrijednostima proisteklim iz monitoringa Ministarstva zdravstva, prikazanim na Slici 2.5.7, vidljivo je da se kloridi kreću u rasponu od 54,1 do 74,0 mg/l s medijanom od 58,25 mg/l. Koncentracije natrija prate koncentracije klorida, pa su one kao i koncentracije sulfata više u odnosu na krške kopnene vode.



Slika 2.5.5. Vrijednosti ukupne tvrdoće u vodi Vranskog jezera od 1986. do 2019. godine



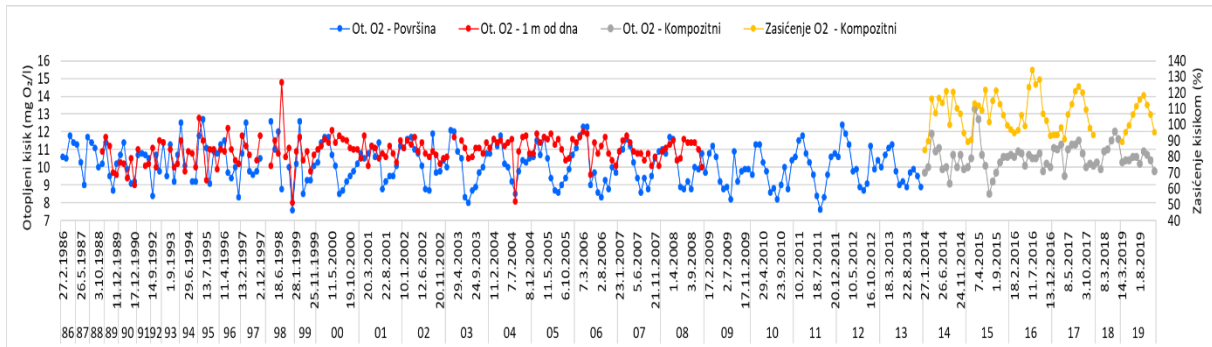
Slika 2.5.6. Balans aniona i kationa u vodi Vranskog jezera u razdoblju ispitivanja od 2015. do 2020. godine



Slika 2.5.7. Ionski sastav vode Vranskog jezera u razdoblju od 2014. do 2020. godine

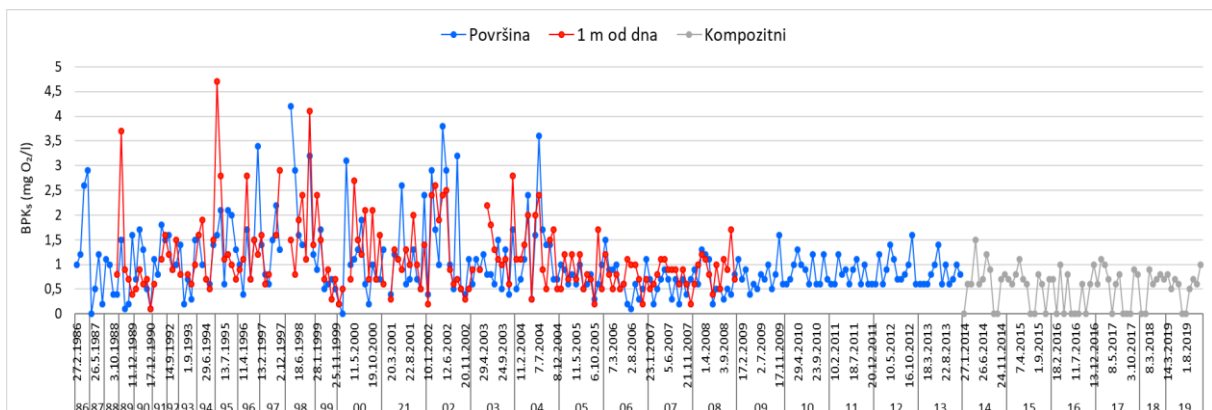
2.5.1.6. Režim kisika

Praćenje otopljenog kisika ukazuje na optimalne koncentracije otopljenog kisika koje se kreću u rasponu od 7,6 do 12,7 mgO₂/l u površinskom sloju odnosno 8,0 do 14,8 mgO₂/l u pridnenom sloju (Slika 2.5.8). Vrijednosti otopljenog kisika kompozitnih uzoraka su bile od 8,5 do 13,3 mgO₂/l s vrijednostima zasićenja od 84,1 do 134,3 %. Povišene koncentracije zasićenja javljaju se u ljetnim mjesecima, kao što je to vidljivo na kompozitnim uzorcima, kod kojih su najviši pikovi zasićenja u razdoblju od 2014. do 2019. godine bili upravo u ljetnim mjesecima.



Slika 2.5.8. Vrijednosti otopljenog kisika u razdoblju od 1986. do 2019. godine

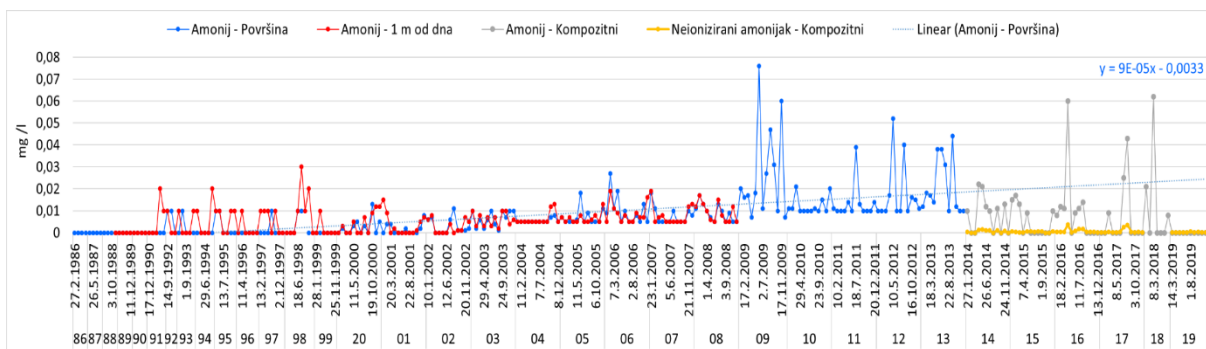
Vrijednosti kemijske potrošnje kisika (KPK-Mn) su niske i ne ukazuju na značajnije opterećenje jezerske vode organskom tvari. Isto je s vrijednosti biološke potrošnje kisika (BPK₅), koja je niža u odnosu na ispitivanja u razdoblju od 1986. do 2004. godine. Vrijednosti BPK₅ kompozitnih uzoraka nisu bile veće od 1,5 mgO₂/l, što je karakteristika vrlo čistih voda u prirodi (Slika 2.5.9).



Slika 2.5.9. Biološka potrošnja kisika u vodi Vranskog jezera u razdoblju od 1986. do 2019. godine

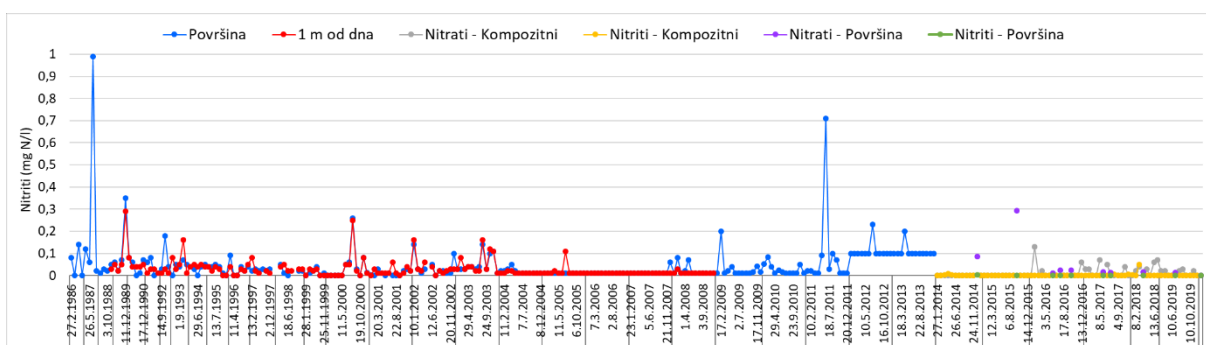
2.5.1.7. Spojevi dušika i fosfora

Na slici 2.5.10 prikazane su vrijednosti amonija izražene u mg/l N. Evidentan je trend povećanja koncentracija u posljednjih deset godina, kako na uzorcima uzetim s površine tako i na kompozitnim uzorcima jezerske vode. Vrijednosti amonija ukazuju na mogući antropogeni utjecaj na vodu jezera otpadnim vodama.



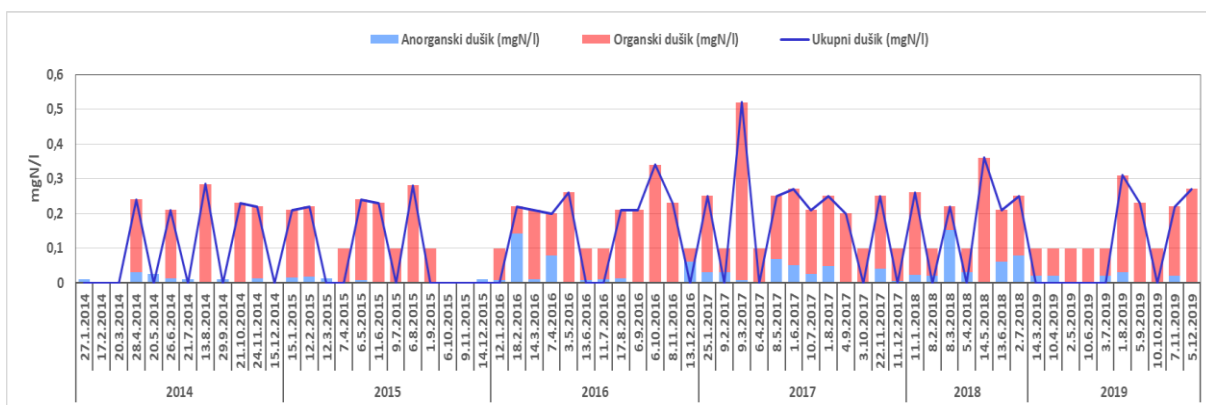
Slika 2.5.10. Vrijednosti amonija u vodi Vranskog jezera od 1986. do 2019. godini

Vrijednosti nitrata (mg/l N) izuzetno su niske izuzev što su se u 2 navrata; jednom 1987. i jednom 2011. detektirale koncentracije od 0,99 mg/l N, odnosno 0,71 mg/l N (Slika 2.5.11). Ukoliko se ove vrijednosti izraze u mg/l NO₃ one iznose 4,4 mg/l NO₃, odnosno 3,13 mg/l NO₃ što je daleko ispod Uredbom o standardu kakvoće voda (NN 96/2019) regulirane vrijednosti od 50 mg/l NO₃. Vrijednosti nitrita izuzetno su niske.



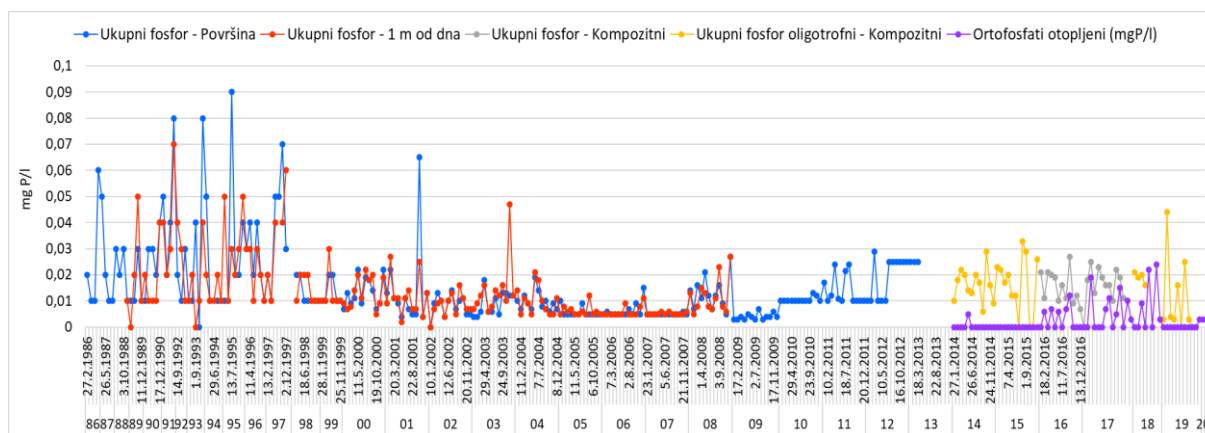
Slika 2.5.11. Vrijednosti nitrata u vodi Vranskog jezera u razdoblju od 1986. do 2019. godine

Praćenjem udjela koncentracija anorganskog i organskog ugljika u ukupnom dušiku utvrđena je prevalencija organskog dušika u odnosu na anorganski (Slika 2.5.12).



Slika 2.5.12. Udio anorganskog i organskog ugljika u ukupnom dušiku u razdoblju od 2014. do 2019. godine

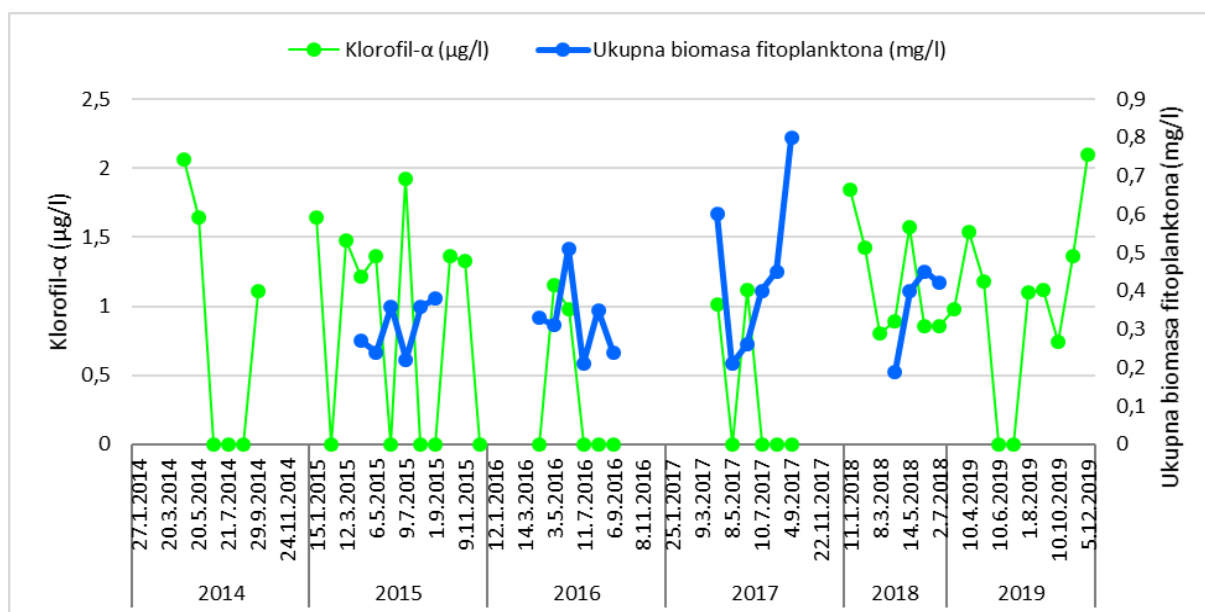
Koncentracije ukupnog fosfora u površinskoj vodi i pridnom sloju imaju silazni trend u odnosu na ranija ispitivanja iz 80-tih i 90-tih godina. Vrijednosti ukupnog fosfora u površinskoj vodi od 2000. godine do 2013. godine kreću se u rasponu od 0,01 do 0,065 mgP/l (Slika 2.5.13). Maksimalna vrijednost od 0,065 mgP/l detektirana je 16.10.2001. godine. Međutim, ukoliko izuzmemo ovu maksimalnu vrijednost, raspon koncentracija ukupnog fosfora kreće se od 0,01 do 0,029 mgP/l.



Slika 2.5.13. Vrijednosti ukupnog fosfora i ortofosfata u vodi Vranskog jezera u razdoblju od 1986. do 2020.godine

2.5.1.8. Klorofil

Vrijednosti klorofila praćena u vodi kompozitnog uzorka kreću se u rasponu od 0,0 $\mu\text{g/l}$ do 2,1 $\mu\text{g/l}$, sa srednjom vrijednosti od 0,8 $\mu\text{g/l}$, koja ujedno predstavlja i prosječnu godišnju koncentraciju (Slika 2.5.14).

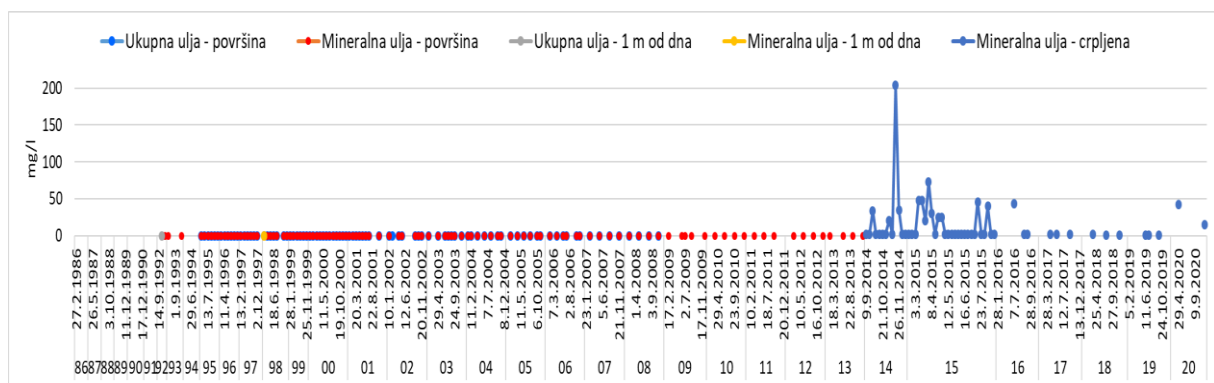


Slika 2.5.14. Vrijednost klorofila i ukupne biomase fitoplanktona od 2014. do 2019. godine u vodi kompozitnog uzorka

2.5.1.9. Mineralna ulja (ugljikovodici)

Dugo vremena je najveći rizik od ugroze mineralnim uljima (ugljikovodicima) prijetio s otočke središnje prometnice Cres-Lošinj (državna cesta D 100 Porožina – Mali Lošinj na dionici uz Vransko jezero), pogotovo u blizini mjesta Vrana. Provedenom rekonstrukcijom 2000. godine u duljini od 11,6 km izveden je zatvoreni sustav odvodnje, dok se na preostalom dijelu trase koja nije zadirala u zone sanitarne zaštite odvodnja oborinskih voda provodi raspršenim tipom odvodnje i njihove dispozicije na okolni teren.

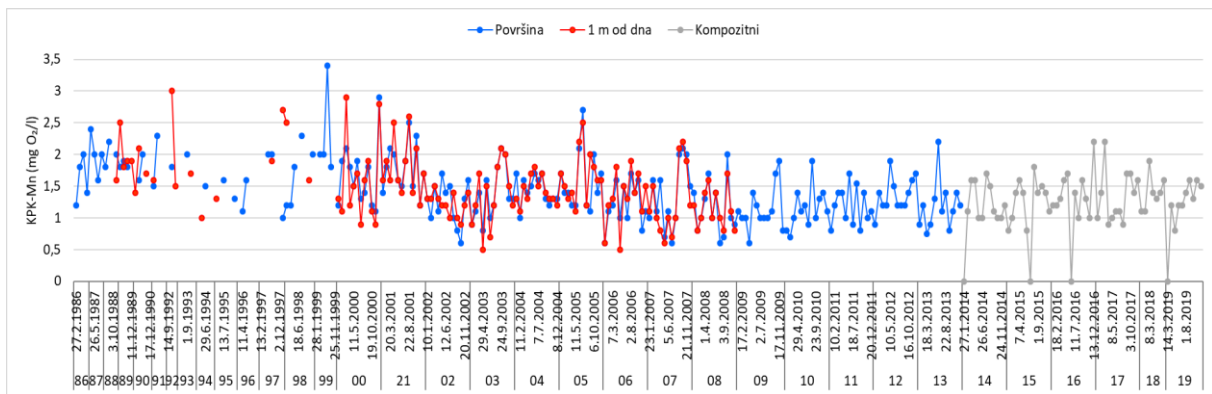
Mineralna ulja u svim su ispitivanjima bila uobičajeno niska, izuzev razdoblja tijekom 2014. i 2015. godine kada je monitoringom Ministarstva zdravstva utvrđena njihova povišena koncentracija (Slika 2.5.15). Visoke koncentracije bile su posljedica njihovog izlučivanja od strane kozmopolitske zelene kolonijalne alge *Botryococcus* sp. Navedena alga nije ranije bila zapažena, kako na tom prostoru tako ni na širim regionalnim prostorima, pa ima karakter invazivne vrste. Vrijednosti koncentracije mineralnih ulja su se kretale od <1 µg/l pa do 204 µg/l. Dodatnim ispitivanjima koje je proveo Nastavni zavod za javno zdravstvo Primorsko goranske županije, a na zahtjev KD Vodoopskrba i odvodnja Cres Lošinj d.o.o., koncentracije mineralnih ulja su se kretale u rasponu od 174 do 591 µg/l. Maksimalno dozvoljena koncentracija (MDK) mineralnih ulja (ugljikovodika) prema Pravilniku (125/17, NN 39/20) iznosi 50 µg/l. Obzirom na crpljenje Vranskog jezera kao izvora vode za ljudsku potrošnju Ministarstvo zdravstva je dana 07.08.2014. donijelo Rješenje o odobrenju za odstupanje od MDK vrijednosti za parametar ugljikovodici na rok od 90 dana, uz obvezu provođenja korektivnih aktivnosti – ispiranja vodosprema, te uzorkovanje jednom tjedno iz jezera s površine i usisa na dubini od 35 m kao i iz krajnjih vodosprema uz praćenje pH vrijednosti, temperature vode, klorofila a te koncentracije ugljikovodika. Pojave povišenih vrijednosti mineralnih ulja (ugljikovodika) iznad MDK u drugoj polovini 2015. godine više nisu zabilježene. Pojava ove invazivne vrste nije se povezala s antropogenim utjecajem sa sliva na vodu Vranskog jezera.



Slika 2.5.15. Vrijednosti mineralnih ulja (ugljikovodika) u razdoblju od 1986. do 2020. godine

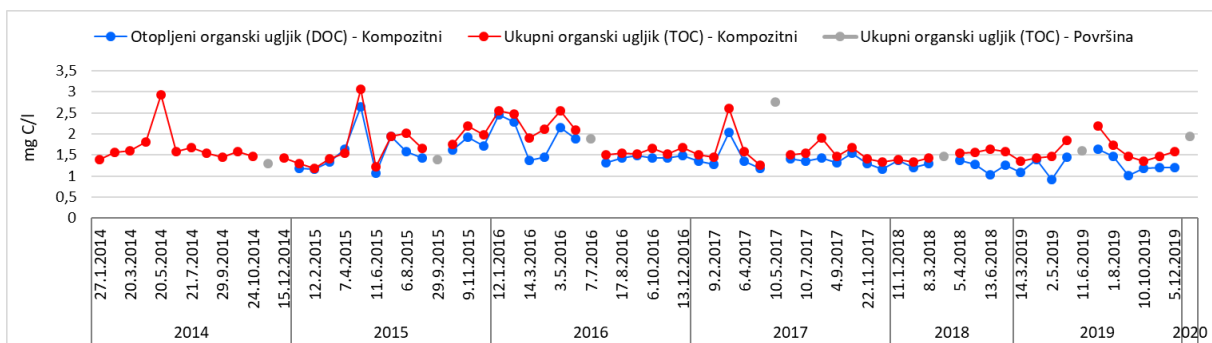
2.5.1.10. Organska tvar

Organska tvar jezera praćena je kroz slijedeće pokazatelje: utrošak kalijevog permanganata (KPK-Mn) te ukupni (eng. Total Organic Carbon, TOC) i otopljeni organski ugljik (eng. Dissolved Organic Carbon, DOC). Utrošak kalijevog permanganata (KPK-Mn) ukazuje na lakooksidabilnu organsku tvar, dok vrijednosti ukupnog i otopljenog organskog ugljika ukazuju na ukupnu organsku tvar. Vrijednosti KPK-Mn prikazane su na Slici 16., s rasponom vrijednosti od 0,6 do 3,4 mg O₂/l i medijanom od 1,4 mg O₂/l za površinsku vodu; od 0,5 do 3,0 mg O₂/l i medijanom od 1,4 mg O₂/l za pridneni sloj. Prema ovim podacima vidimo da nema značajnije razlike u količini organske tvari površinskog i pridnenog sloja a rezultati ne ukazuju na značajnije opterećenje vode jezera organskom tvari. U kompozitnim uzorcima uzetim od 2014. godine maksimalna vrijednost lako oksidabilne organske tvari je iznosila 2,2 mg O₂/l s medijanom od 1,3 mg O₂/l. Prema Pravilniku (NN 125/17 i NN 39/20) MDK vrijednost iznosi 5,0 mg O₂/l. Sve su ispitane vrijednosti bile unutar ove vrijednosti (Slika 2.5.16).



Slika 2.5.16. Vrijednosti KPK-Mn u razdoblju od 1986. do 2019. godine

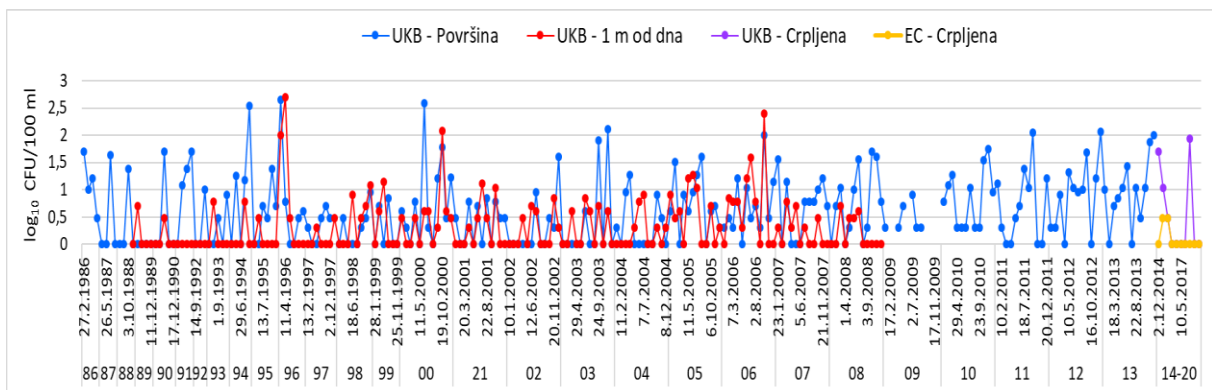
Vrijednosti ukupnog i otopljenog organskog ugljika praćene su u razdoblju od 2014. do 2020. godine. Maksimalna izmjerena vrijednost je iznosila 3,07 mg O₂/l za ukupni organski ugljik (Slika 2.5.17). Medijan vrijednosti kompozitnog uzorka za ukupni organski ugljik (TOC) iznosi 1,56 mg O₂/l dok za otopljeni organski ugljik (DOC) iznosi 1,38 mg O₂/l.



Slika 2.5.17. Vrijednosti ukupnog i otopljenog organskog ugljika u razdoblju od 2014. do 2020. godine

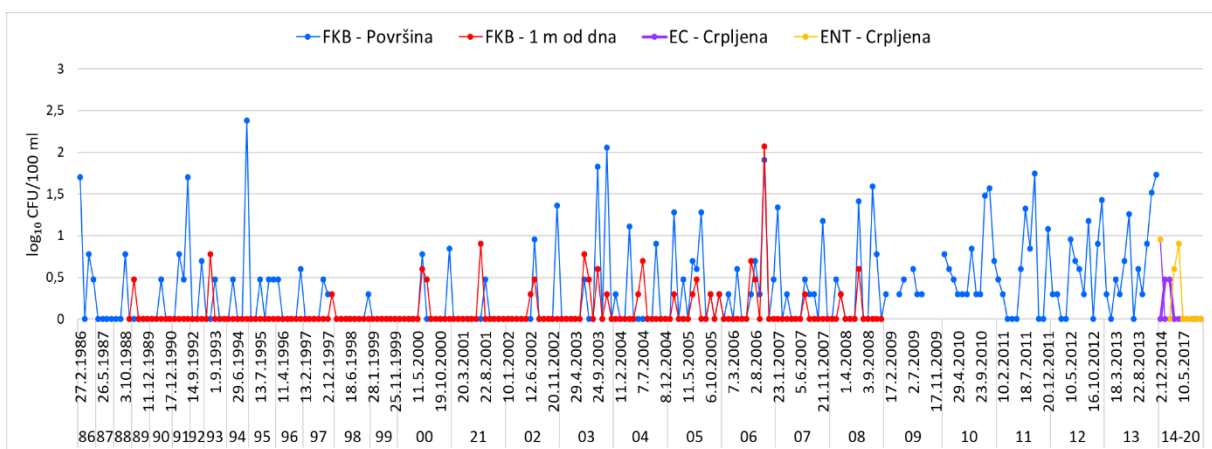
2.5.2. Rezultati praćenja mikrobioloških pokazatelja vode

Vransko jezero karakterizira nisko opterećenje mikrobiološkim pokazateljima. Na slici 2.5.18 prikazana je prisutnost ukupnih koliformnih bakterija (UKB) u površinskom i pridnenom sloju. Vidljivi su rijetki pikovi jačeg mikrobiološkog onečišćenja. U površinskom sloju detektiran je raspon vrijednosti od 0 do 450 CFU/100 ml, a u pridnenom sloju od 0 do 500 CFU/100 ml. U crpljenoj vodi od 2014. do 2019. godine pratio se je i UKB i *Escherichia coli* (EC) koja pripada grupi ukupnih koliformnih bakterija te je njen dominantni predstavnik. Vrijednosti za UKB kretale su se u rasponu od 0 do 83 CFU/100 ml, a za EC od 0 do 2 CFU/100 ml. Na Slici 2.5.18 prikazane su \log_{10} vrijednosti ukupnih koliformnih bakterija (UKB) i *Escherichia coli* (EC).



Slika 2.5.18. Ukupne koliformne bakterije (UKB) u razdoblju od 1986. do 2019. godine te *Escherichia coli* (EC) od 2014. do 2019. godine, izražene kao \log_{10} vrijednosti

Na slici 2.5.19 prikazane su vrijednosti specifičnijih indikatora fekalnog onečišćenja: fekalnih koliformnih bakterija (FKB), *Escherichia coli* (EC) i enterokoka (ENT), Naime, UKB ne predstavljaju pouzdan pokazatelj fekalnog onečišćenja te mogu sadržavati vrste koje potječu iz prirode (tla, vode, vegetacije). Međutim, taj mikrobiološki pokazatelj ima dugu tradiciju ispitivanja, te se određuje iz povijesnih razloga.



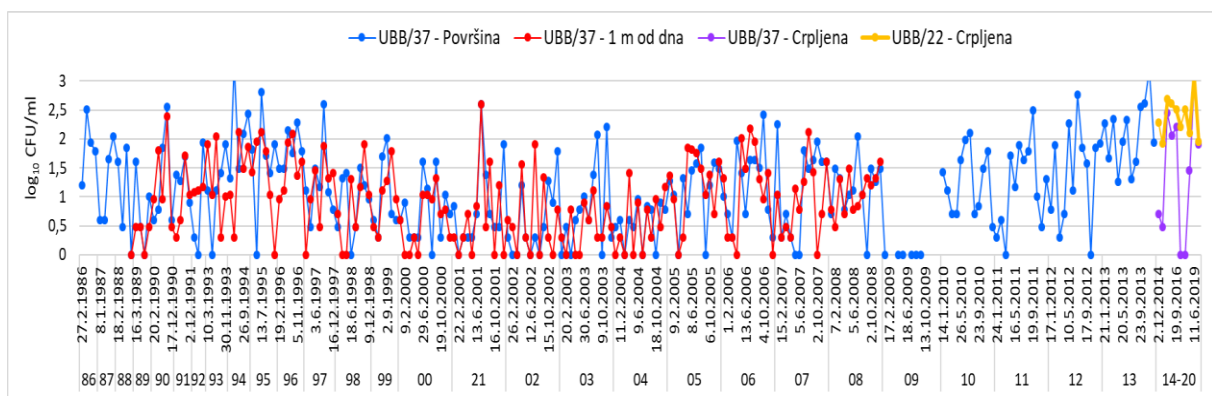
Slika 2.5.19. Vrijednosti indikatora fekalnog onečišćenja (fekalnih koliformnih bakterija – FKB, *Escherichia coli* – EC i enterokoka – ENT) u razdoblju od 1986. do 2019. godine, izražene kao \log_{10} vrijednosti

Vrijednosti ukupnog broja aerobnih bakterija pri 37 °C (UBB/37) kretale su se u rasponu vrijednosti od 0 do 1920 CFU/ml za površinski sloj, dok su u pridnom sloju vrijednosti bile od 0 do 400 CFU/ml. Ove su povišene vrijednosti detektirane samo u jednom mjeranju. Medijan mjerenja u površinskom sloju iznosi 76 CFU/ml, dok je u pridnom sloju 21 CFU/ml.

Ukupan broj aerobnih bakterija u crpljenoj vodi za period od 2014. do 2019. godine kretao se u rasponu od 0 do 1300 CFU/ml, s medijanom od 53 CFU/ml (Slika 2.5.20).

Ukupan broj aerobnih bakterija pri 22 °C (UBB/22) ispitivan je u razdoblju od 2014. do 2020. godine. Dobivene vrijednosti kretale su se u rasponu od 80 do 1250 CFU/ml. Medijan vrijednosti bio je 255 CFU/ml (Slika 20).

Pikovi mikrobioloških pokazatelja mogu povezati s hidrološkim prilikama u slivu.



Slika 2.5.20. Vrijednosti ukupnog broja aerobnih bakterija pri 37 °C (UBB/37) u razdoblju od 1986. do 2020. godine te ukupnog broja aerobnih bakterija pri 22 °C (UBB/22) u razdoblju od 2014. do 2020. godine, izražene kao \log_{10} vrijednosti

2.5.3. Elementi ocjene ekološkog stanja jezera, Uredba o standardu kakvoće voda (NN 96/2019)

Za ocjenu ekološkog stanja koriste se sljedeći elementi ocjene:

biološki elementi:

1. sastav, brojnost i biomasa fitoplanktona
2. sastav i brojnost ostale vodene flore
3. sastav i brojnost makrozoobentosa

hidromorfološki elementi koji prate biološke elemente:

1. hidrološki režim:
 - količina i dinamika vodnoga toka
 - vrijeme zadržavanja
 - veza s podzemnim vodama

2. morfološki uvjeti:

- varijacije dubine jezera
- količina, struktura i sediment dna jezera
- struktura obale jezera

3. osnovni fizikalno-kemijski i kemijski elementi koji prate biološke elemente:

a) osnovni fizikalno-kemijski elementi

1. prozirnost
2. temperatura
3. režim kisika
4. sadržaj iona
5. pH, m-alkalitet
6. hranjive tvari

b) specifične onečišćujuće tvari

nesintetske

1. arsen i njegovi spojevi
2. bakar i njegovi spojevi
3. cink i njegovi spojevi
4. krom i njegovi spojevi

sintetske

5. fluoridi

ostale

6. organski vezani halogeni koji se mogu adsorbirati (AOX)
7. poliklorirani bifenili (PCB)

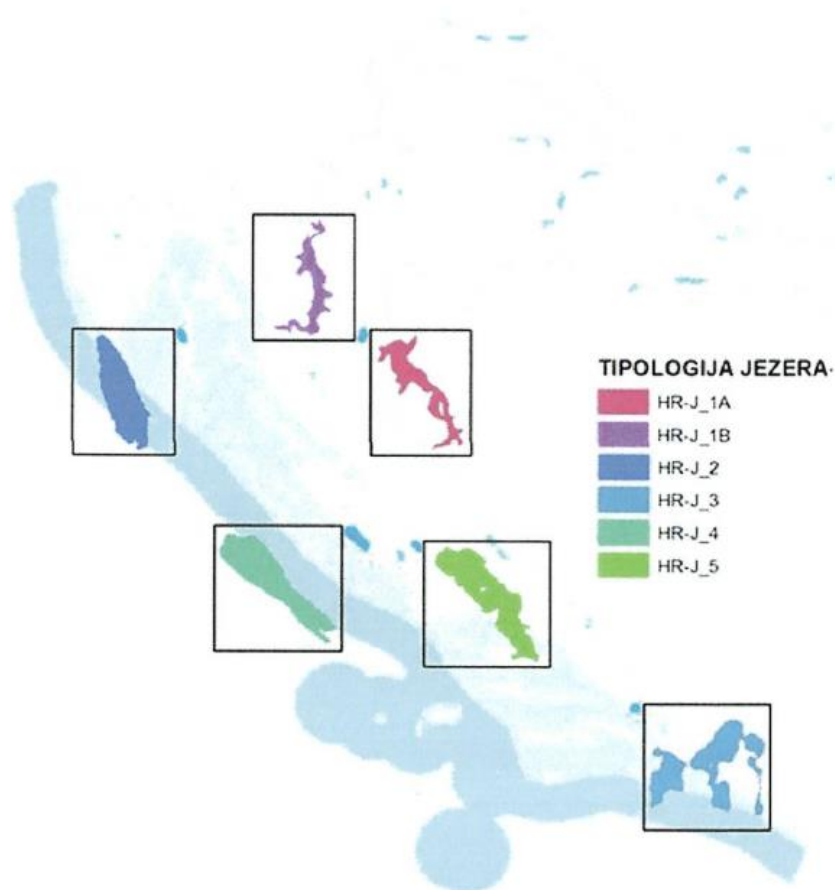
U Tablici 2.5.1 navedene su granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje.

Tablica 2.5.1. Granične vrijednosti kategorija ekološkog stanja za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje

EKOREGIJA	OZNAKA TIPA	KATEGORIJA EKOLOŠKOG STANJA	Granična vrijednost ekološkog stanja za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje prosječna godišnja vrijednost *			
			Prozirnost	Režim kisika	Hranjive tvari	
			Secchi prozirnost	KPK-Mn mgO ₂ /l	Nitrati mgN/l	Ukupni fosfor mgP/l
DINARIDSKA KONTINENTALNA SUBREGIJA	HR-J_1A	vrlo dobro**	≥ 9	1,5	0,6	0,015
		dobro***	≤ 6	2,8	0,9	0,035
	HR-J_1B	vrlo dobro	≥ 5,5	1,5	0,55	0,015
		dobro	≤ 3,5	2,8	0,85	0,035
DINARIDSKA PRIMORSKA SUBREGIJA	HR-J_2	vrlo dobro	≥ 11	1,7	0,05	0,009
		dobro	≤ 7	3	0,15	0,02
	HR-J_3	vrlo dobro	≥ 4,5	2	0,15	0,018
		dobro	≤ 2,5	4	0,35	0,045
	HR-J_4	vrlo dobro	≥ 2,1	4	0,5	0,03
		dobro	≤ 1	8	1,5	0,07
	HR-J_5	vrlo dobro	≥ 4,5	3	0,25	0,02
		dobro	≤ 2,5	5,5	0,4	0,05

*Granične vrijednosti odnose se na eufotični sloj u razdoblju od travnja do rujna

Na slici 2.5.21 prikazana je tipologija Vranskog jezera sukladno Planu upravljanja vodama od 2016. do 2021. godine.



Slika 2.5.21. Tipologija Vranskog jezera kao HR-J_2 tip sukladno Planu upravljanja vodama od 2016. do 2021. godine

U Tablici 2.5.2 prikazane su vrijednosti za ocjenu kategorije ekološkog stanja, ali samo za osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje. Svakako bi ocjenu trebalo upotpuniti s vrijednostima specifičnih onečišćujućih tvari kao što su arsen i njegovi spojevi, bakar i njegovi spojevi, cink i njegovi spojevi te krom i njegovi spojevi, organskim vezanim halogenima koji se mogu adsorbirati (AOX) te polikloriranim bifenilima kako propisuje Uredba, ukoliko su ovi pokazatelji određivani u vodi Vranskog jezera monitoringom Hrvatskih voda.

Tablica 2.5.2. Rezultati prosječnih godišnjih vrijednosti za ocjenu ekološkog stanja za fizikalno kemijske pokazatelje u 2019. godini

EKOREGIJA	OZNAKA TIPA	KPK-Mn, mg O ₂ /l	Nitrati, mgN/l	Ukupni fosfor, mg P/l
DINARIDSKA PRIMORSKA	HR-J_2	1,4	0,012	0,006

Usporedbom prosječnih godišnjih vrijednosti za 2019. godinu za pokazatelje KPK-Mn (režim kisika), nitrati i ukupni fosfor (hranjive tvari) s vrijednostima iz tablice 1 za procjenu ekološkog stanja, možemo zaključiti da je voda Vranskog jezera **vrlo dobrog ekološkog stanja**.

2.6. Batimetrija i visinski međuodnosi

Pitanje geometrije jezera i visinskih međuodnosa je iznimno važno jer se radi o jezerskom sustavu koji funkcionira kao kriptodepresija, pa postoje rizici od njegova precrcpljivanja i promjena ravnoteže slane i slatke vode, a u slučajevima naglašenijih promjena i rizici značajnijih prodora mora u njegov okolni krški vodonosnik pa i samo jezero.

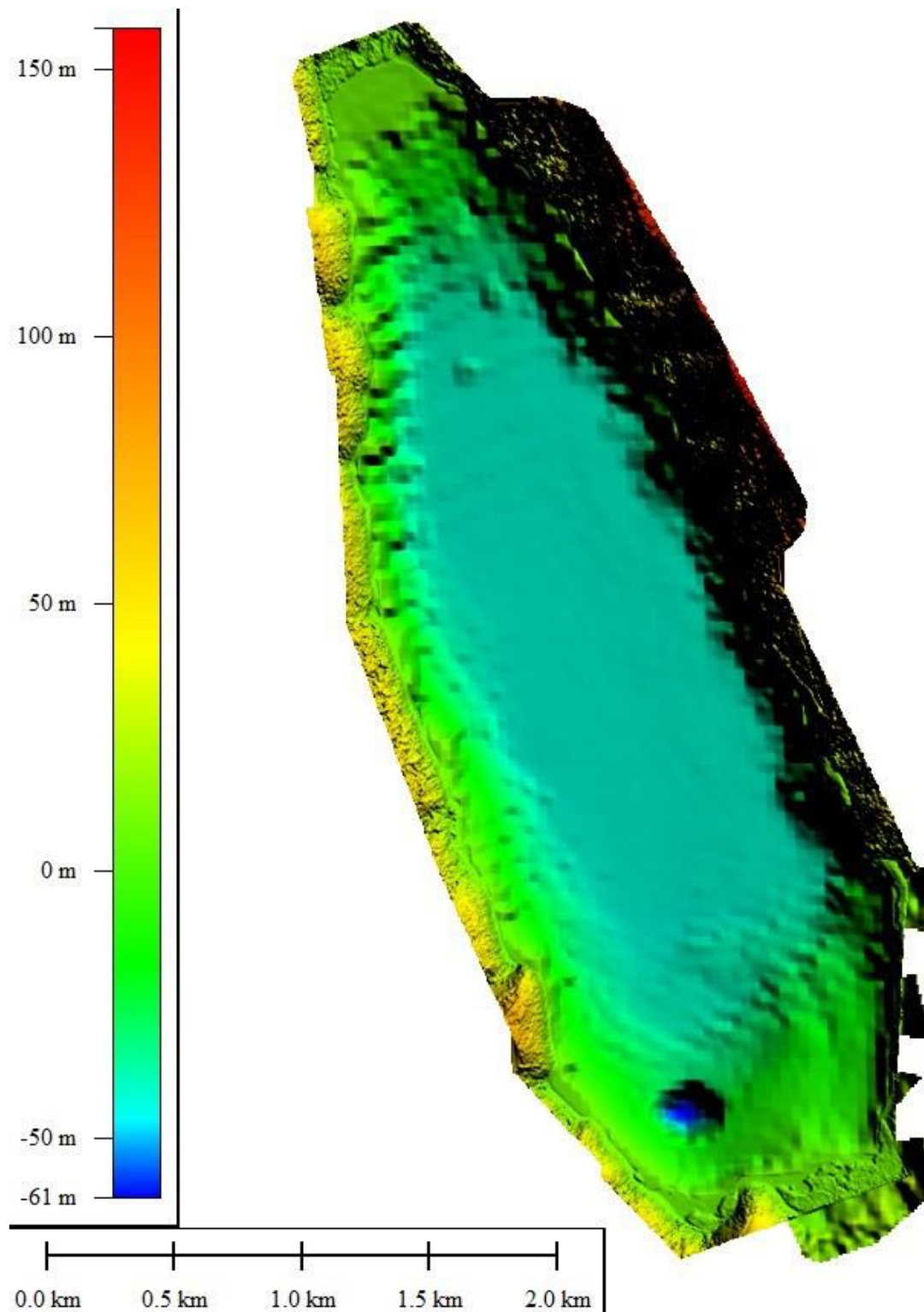
Prema studiji JVP za slivno područje istarskih slivova i Hrvatske vodoprivrede (1991), prvi podaci o premjeru jezera vezani su za 1972.g., ali s gotovo dvostruko većim procijenjenim volumenom od stvarnog. Nakon toga slijedio je puno detaljniji premjer koga je proveo Gavazzi 1897., s dopunom premjera najdubljeg dijela jezera (vrtačastog udubljenja promjera oko 200 m lociranog na južnom dijelu jezera) 1900. godine, te premjer koji je proveden u sklopu Petrikovih istraživanja tijekom razdoblja 1954.- 1956. od strane Petrovića.

Novi i puno detaljniji premjer proveden je 1990.g. od strane Hidrografskog instituta JRM. Dubine su mjerene ultrazvučnim dubinomjerom, a položaj točaka automatski je određivan elektroničkim pozicijskim sustavom. Razmak snimanja profila iznosio je 25 m, a razmak između snimljenih točaka po profilu nije prelazio 20 m. Nadvodni dio jezerskog prostora kartiran je na osnovu aero-foto snimke iz travnja 1990. godine. Time je snimljena vrlo detaljna topografija jezera i pokriven ukupni raspon oscilacija vode u jezeru uključujući i povijesno zabilježene maksimuma. Na osnovu tog premjera definirane su i krivulje površine i volumena jezera (JVP za slivno područje istarskih slivova i Hrvatska vodoprivreda, 1991), koje se i sada koriste. Tablični prikaz površina i volumena jezera iz tog dokumenta dan je u Tablici 2.6.1. Za napomenuti je da se radi o dokumentu u vrijeme kada je referentni visinski sustav bio HVRS1875 s kotom „0“ vezanom za mareograf u Trstu.

Tablica 2.6.1. Prikaz površina i volumena Vranskog jezera na Cresu (JVP za slivno područje istarskih slivova i Hrvatska vodoprivreda, 1991)

Kota (m n.m.)	Površina (km ²)	Volumen (m ³)	Kota (m n.m.)	Površina (km ²)	Volumen (km ³)
- 61,3	0	0	-7,5	4,5433	116,6675
-60	0,0066	0,0066	-5,0	4,6607	128,1726
-50	0,0125	0,1025	-2,5	4,7690	139,9597
-42	0,2507	0,2774	0,0	4,8481	151,9811
-40	2,066	2,5936	+2,5	4,9146	164,1846
-35	2,793	14,7394	+5,0	4,9862	176,5606
-30	3,1902	29,6967	+7,5	5,0602	189,1185
-25	3,5034	46,4313	+10,0	5,3998	202,1935
-20	3,7904	64,6665	+12,5	5,6791	216,0422
-15	4,0738	84,3271	+15,0	5,8826	230,4942
-10	4,3938	105,4961	+ 17,5	6,0139	245,3648

Najnoviji premjer Vranskog jezera, uz još osam drugih na području Hrvatske, napravljen je u sklopu projekta „Batimetrijska, psalmološka i morfološka karakterizacija prirodnih jezera“ i dokumentiran je u Mapi 1 – Geodetski elaborate (Vodoprivredno-projektni biro d.d., 2021), na osnovu koga je u okviru tog projekta napravljen i DTM model jezera (Slika 2.6.1).



Slika 2.6.1. DTM model Vranskog jezera (Vodoprivredno-projektni biro d.d., 2021)

Snimanje podvodnog dijela je provedeno koristeći hidroakustični dvofrekvencijski uređaj za podvodno mjerenje tla, a dijela iznad vode koji pri većim razinama biva pod vodom aerofotogrametrijski bespilotnom letjelicom te koristeći i satelitske snimke za područja koja nisu obuhvaćena batimetrijskim i aerofotogrametrijskim snimanjima. Utvrđeno je da je srednja dubina jezera prema vodostaju od 11,47 m n.m. (prosjeak iz razdoblja 2010.-2019.) 38,37 m, a volumen 211,612 mil. m³.

Vezano uz visinske treba napomenuti da je za praćenje i proučavanje jezerskog sustava, a posebno u kontekstu dinamike kolebanja razina vode u jezeru, podzemnih voda u okolnom krškom vodonosniku i razina mora, nužno provesti geodetsku kontrolu usklađenosti visinskih točaka. Naime, promjenama i položaja kote „0“ vodokazne postaje, preciznosti određivanja kota karakterističnih točaka vodokaza, ušća cijevi piezometarskih bušotina kao i promjenama visinskih datuma u samom jezeru, te različitim sudionika koji su se time bavili tijekom dugotrajnog vremenskog razdoblja, postoji sumnja u njihovu djelomičnu neusklađenost. Kako je vrlo važno poznavati točne gradijente tečenja između jezera, podzemnog vodonosnika i mora, nužno je provesti istovremenu kontrolu svih referentnih točaka s istom točnošću iskaza rezultata.

2.7. Monitoring ostalih značajki

Postoji i niz drugih značajki jezerskog sustava za koje je nužno postojanje monitoringa kako bi se utvrdilo stanje jezerskog sustava, kao i rizici od neželjenih promjena. Iako je intencija ovog dokumenta unaprjeđenje monitoringa podzemnih voda u okruženju Vranskog jezera na Cresu kako bi se očuvao taj prirodni fenomen i u prisutnim uvjetima porasta pritiska uslijed antropogenih utjecaja kao i klimatskih promjena. Ulaskom Hrvatske u EU i prihvaćanjem njenih pravnih stečevina, u sve većoj mjeri se prate i elementi koji ranije nisu bili respektirani, ili barem ne u dovoljnoj mjeri, a ocjena stanja vodnih resursa provodi na temelju kompleksnijih sagledavanja kako je to propisano u Uredbi o standardu kakvoće voda (NN 96/2019). Uvedeno je praćenje ekološkog stanja voda, kao i ocjene hidromorfološkog stanja. Hrvatske vode donose i provode Plan monitoringa stanja voda u Republici Hrvatskoj gdje je iz posljednjeg javno objavljenog takvog dokumenta (https://vode.dev.evidente.hr/sites/default/files/2022-05/plan_monitoringa_stanja_voda_u_republici_hrvatskoj_u_2021._godini.pdf) vidljivo da je u monitoring uključeno i Vransko jezero na otoku Cresu, na lokaciji 250 m od obale kod CS Vrana, i to kao mjerna postaja nadzornog monitoringa za praćenje sadržaja prioritetnih tvari u bioti, kao i mjerna postaja nadzornog i operativnog monitoringa u tijelima površinskih voda na kojima se nalaze zahvati vode namijenjene ljudskoj potrošnji kao i za praćenje onečišćenja zraka na slatkovodne ekosustave.

Na Vranskom jezeru provodi se od 1984.g. i praćenje kakvoće zraka, gdje se u blizini CS Vrana prati sadržaj SO₂+dim, taložna tvar, ukupna taložna tvar, te metali u ukupnoj taložnoj tvari, prema kojim pokazateljima na tom prostoru kakvoća zraka spada u I kategoriju (NZZJZ PG županije, 2019).

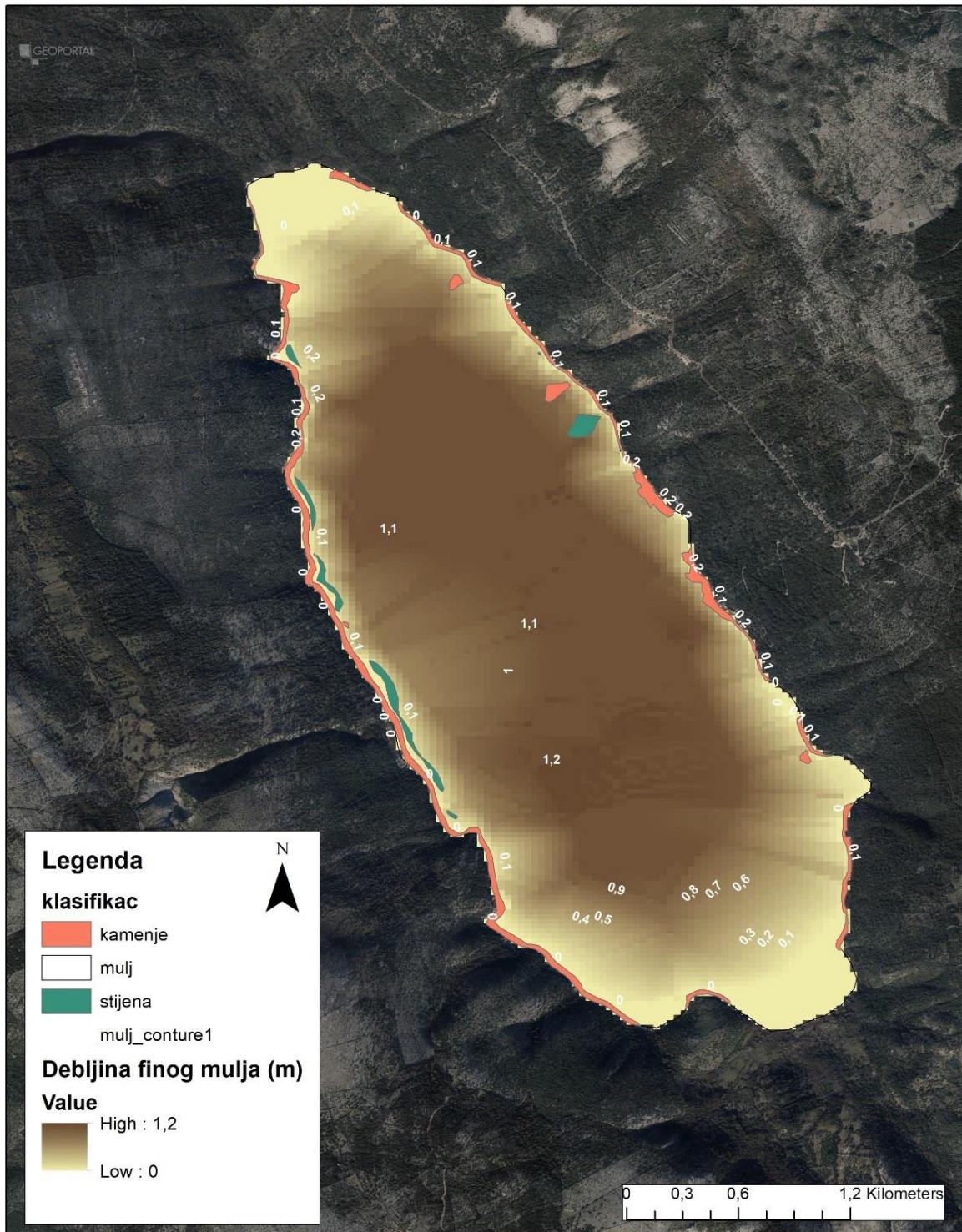
Biološko-ekološka istraživanja Vranskog jezera i njegovog ekosustava imaju dugu tradiciju. No, ona se, osim u svrhu ocjene stanja prema prethodno spomenutom Planu monitoringa stanja voda u RH, provode ili su se provodila uglavnom sporadično, u okviru uglavnom međusobno nezavisnih istraživačkih projekata znanstveno-istraživačkih institucija. Rezultati tih projekata, pogotovo samog monitoringa, ostaju uglavnom u arhivima institucija koje su ih provodile, a najčešće su publicirani radovi jedini trag o njihovoj provedbi. Nedostaje povezivanje kako čak i unutar samih biološko - ekoloških radova, a posebno između pojedinih istraživačkih disciplina.

A upravo promjene u ekosustavima najdinamičnije i mogu najneposrednije utjecati na nagle neželjene promjene koje mogu ugroziti slatkovodni jezerski sustav Vranskog jezera, pa i mogućnost korištenja vode iz jezera za potrebe vodoopskrbe. Najbolji primjer toga je pojava povišenih koncentracija ugljikovodika spomenuta u točki 2.5.1.9 ovog dokumenta, koja je zabilježena u jezerskoj vodi tijekom 2014. i početkom 2015.g., a za koju je utvrđeno je da je to posljedica njihova izlučivanja od strane kozmopolitske zelene kolonijalne alge *Botryococcus* sp. (Nastavni zavod za javno zdravstvo Rijeka, 2014). Radilo se o invazivnoj vrsti do sada nezabilježenoj na našim prostorima, čija se prisutnost nakon 2015. godine nije više zapažala, te je zadržana dobra kakvoća vode u jezeru i mogućnost korištenja voda za vodoopskrbu. Međutim, fenomen koji je bio povod za dopunski monitoring – pojava povećanih koncentracija ugljikovodika u vodi namijenjenoj vodoopskrbi, ukazuje na veliku ranjivost ovog osjetljivog sustava (GEO-5, 2015). Zbog toga je nužna provedba interdisciplinarnih programa monitoringa i analize prikupljenih rezultata koje bi trebale uključivati i procjene rizika ukoliko se neke od zapaženih promjena nastave i intenziviraju.

Isto tako, dobar primjer potrebe povezivanja morfološkog stanja i ekologije jezerskog sustava su i sedimentacijski procesi u jezeru. Sedimentacijski procesi su u Vranskom jezeru izučavani u više prethodnih dokumenata - Instituta za geološka istraživanja (2001), Prirodoslovno matematičkog fakulteta iz Zagreba (2002, 2003), a najnovije u okviru praćenja vezanih uz njegovu karakterizaciju pa su batimetrijske značajke povezane i s psalmološkim i morfološkim značajkama (Vodoprivredno-projektni biro d.d., 2021; Biota 2021; Geotest d.o.o., 2021). Na slici 2.7.1 dan je, na osnovu spomenutih istraživanja, prikaz debljine mulja jezerskog dna i njegove klasifikacije, te bi bilo korisno povezati ta istraživanja i s praćenjima bioloških značajki, kako u pridnenom sloju, tako i u vodenom stupcu iznad. Provedena su i uzorkovanja pa je utvrđeno da uzorci uzeti iz Vranskog jezera na Cresu imaju sljedeće karakteristike:

- Dubina 5 m; podloga kamena na padini; sitno kamenje miješano s muljem.
- Dubina 12 m; podloga kamena na padini; krupno kamenje 20-60 cm, između sitnije kamenje i tanki sloj finog mulja.
- Dubina 17 m; podloga kamena na padini; krupno kamenje 20-60 cm, uz obalu glatke vertikalne stijene.

Analizom u laboratoriju izvađenim uzorcima je utvrđen: pijesak sive boje, slabo graduiran; pijesak s prahom sive boje, slabo graduiran; pijesak sive boje, sa šljunkom slabo graduiran; pijesak sive boje, sa šljunkom slabo graduiran; pijesak sive boje, slabo graduiran te pijesak sive boje, slabo graduiran. Udio organske tvari na dnu kreće se od 5,9% do 16,3% (Vodoprivredno-projektni biro d.d., 2021). No, zaključci se temelje na vrlo malom broju lokaliteta uzorkovanja, tako da bi ih trebalo proširiti na širi jezerski prostor. Naime, prema preliminarnim rezultatima profilskih uzorkovanja koje je proveo Zmaić početkom devedesetih prošlog stoljeća (Zmaić, usmeno priopćenje), jezersko dno se vrlo razlikuje, a ima i pojava zona s izraženom anoksijom.



Slika 2.7.1. Prikaz debljine mulja i klasifikacije jezerskog dna Vranskog jezera (Vodoprivredno-projektni biro d.d., 2021)

Interesantno je spomenuti da je tijekom provedbe monitoringa u okviru UKV projekta, prilikom spuštanja sonde u najdublji dio jezera, nasumičnim snimkom kamere na dubini od oko 70 m utvrđena je brojna kolonija bjelonogih rakova (*Austropotamobius pallipes*) (Slika 2.7.2) (UKV, 2022).



Slika 2.7.2. Izdvojeni primjerci kolonije bjelonogih rakova (Austropotamobius pallipes) na najdubljem dijelu Vranskog jezera (UKV, 2022)

3. Prijedlog budućeg monitoringa na Vranskom jezeru

Monitoring voda Vranskog jezera razvijao se tijekom dugotrajnog razdoblja njegova istraživanja i korištenja, i generalno je udovoljavao zahtjevima i prilagođavao se novim okolnostima kako bi se zaštitio taj prirodni fenomen i jedino izvorište vode za piće otoka Cresa i Lošinja. U razdobljima pojava kakvih zabrinjavajućih trendova i okolnosti, on se je proširivao, a tijekom nekih mirnijih razdoblja bez takvih iznimnih okolnosti, dijelom se znao i reducirati.

Realizacijom predmetnog programa aktivnosti kroz sve tri njegove grupe, stvoreni su uvjeti za poboljšanje monitoringa u cilju zaštite jezerskog sustava od rizika njegova zaslanjivanja vezanih uz snižavanje njegove razine u uvjetima povećanog korištenja njegovih voda za vodoopskrbu, kao i klimatskih promjena, te potencijalnih negativnih antropogenih utjecaja na kakvoću njegovih voda.

Obzirom na trenutno stanje monitoringa, predlaže se zadržavanje obima motrenja kod većine sastavnih komponenti monitoringa, ali i unapređivanje u smislu uspostave daljinske dojava kod većeg dijela pokazatelja. Unaprjeđenje je pogotovo nužno u kontekstu osnovnog cilja predmetnog projekta – Monitoringa podzemnih voda Vranskog jezera na način da se aktivno prati stanje u krškom vodonosniku koji okružuje Vransko jezero i to ne samo u njegovim gornjim horizontima kolebanja razina podzemnih voda, nego i u njegovom podzemnom dijelu koji se pruža ispod otočke slatkovodne leće. Dobiveni rezultati tijekom početne prve godine monitoringa na dvjema, u okviru predmetnog projekta, novouspostavljenim piezometarskim bušotinama (Piezometri Martinščica-PZM i Valun-PZV) pokazali su da je složen mehanizam funkcioniranja slatkovodne vodne leće koja okružuje Vransko jezero. U dijelovima vodonosnika mogu pratiti promjene stanja njegove zaslanjenosti, a time dugoročno i stanje i rizike od zaslanjivanja jezerskog sustava u drugačijim uvjetima. Pri tome je iznimno važan početni korak praćenja i definiranja nultog stanja u sadašnjih uvjetima.

Sukladno redosljedu iznošenja u ovom dokumentu provedenih analiza stanja jezerskog sustava i postojećeg monitoringa, predlaže se slijedeće:

Meteorološki monitoring

Zadržavanje svih mjerenja i mjernih mjesta spomenutih u predmetnom dokumentu, uz aktivniju kontrolu rada DHMZ-ove automatske klimatološke postaje Vransko jezero Cres pri generiranju mjesečnih i godišnjih izvještaja o njezinom radu.

Hidrološki monitoring

Zadržavanje svih mjerenja i mjernih mjesta uz uspostavu telemetrijske dojava kolebanja vodostaja s postaje DHMZ-a CP Vrana – Vransko jezero te Martinščica – Jadransko more.

Osiguranje nastavka kontinuiranog (sa satnom diskretizacijom očitavanja) monitoringa razine, temperature i električne vodljivosti na pri dnu i neposredno ispod jezerske površine na, u okviru UKV projekta, uspostavljenim praćenjima na mjernim sondama postavljenim na lokaciji najdubljeg dijela jezera. U okviru navedenog poželjna je manja promjena lokacije temelja dna sonde ka kaverni čije je lociranje potrebno osigurati ronjenjem na dubini od 70 m ili autonomnim ronilicama (Slika 3.1). Uz kontinuirani monitoring, predlaže se i provedba sondiranja promjena po vertikali u 4 različita stanja formiranja jezerske termokline tijekom godine.



Slika 3.1. Kaverna na dnu vrtačastog udubljenja Vranskog jezera (preuzeto iz arhive Hrvatskog geološkog instituta)

Monitoring crpljenja

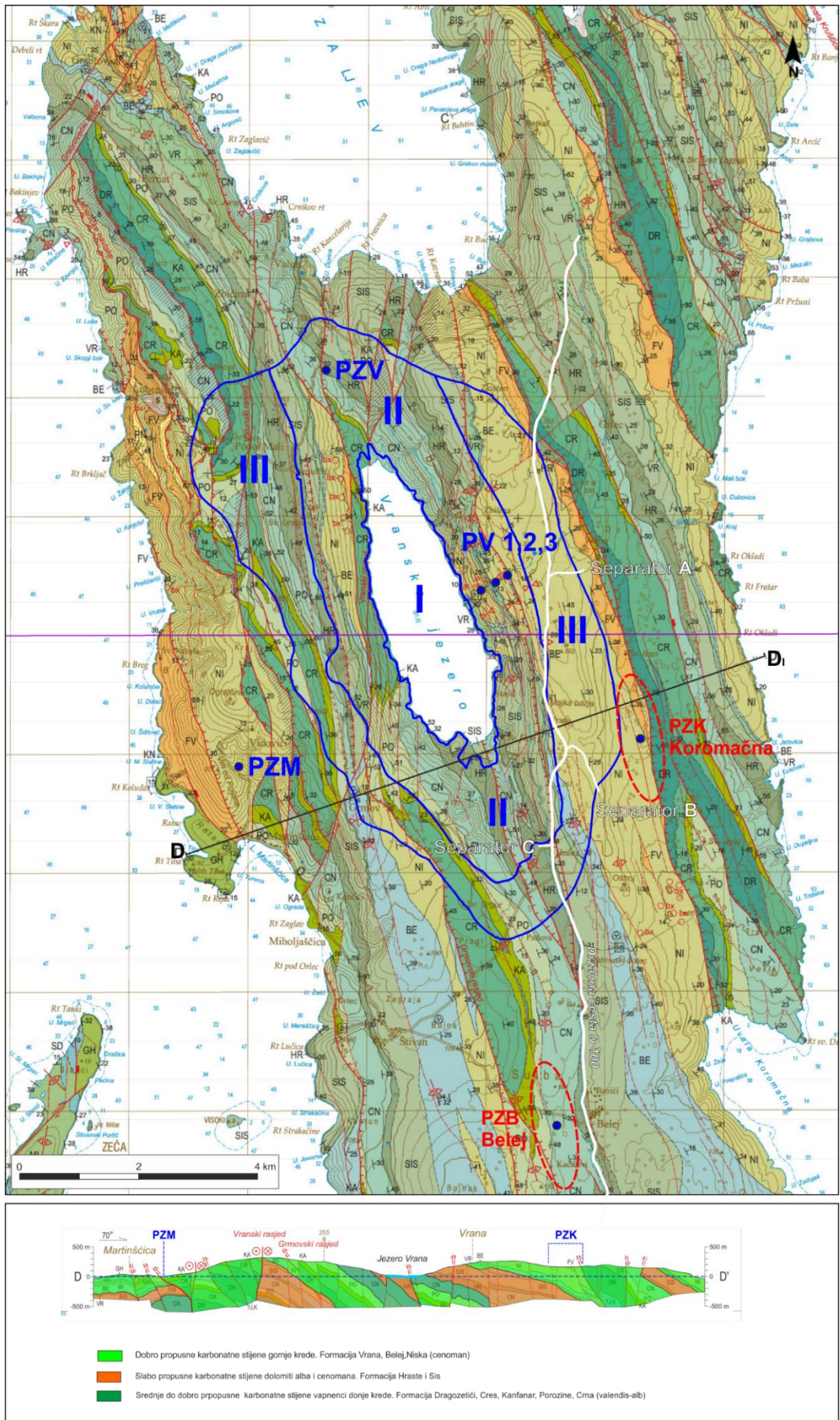
Postoji dobar sustav monitoringa komunalnog društva Vodoopskrba i odvodnja Cres Lošinj d.o.o., a pretpostavka je da će se dodatno unaprijedit u sklopu realizacije projekta „Akcijski plan ugradnje, upravljanja i održavanja mjernih uređaja na vodozahvatima javne vodoopskrbe, te evidentiranja, prikupljanja, obrade i kontrole podataka o zahvaćenim količinama vode“ na način da se osigura telemetrijska dojava u okviru informacijskog sustava Hrvatskih voda.

Monitoring podzemnih voda

Potrebno je predvidjeti nastavak monitoringa na dvama, u okviru predmetnog projekta, novouspostavljenim piezometarskim bušotinama Martinščica (PZM) i Valun (PZV), kao i piezometru PZ-2 lociranom u zaleđu crpne postaje Vrana. Zbog blizine jezera i piezometra PZ-2, kao i na temelju dosadašnjih rezultata monitoringa, smatra se da nije nužno nastaviti monitoring na piezometru PZ-1.

No, potrebno je osigurati i nastavak izvedbe dubokih piezometara u vodonosniku koji okružuje Vransko jezero, te se u tom smislu predlažu lokacije dvaju piezometara koji bi bili locirani istočno i južno od samog jezera (Slika 3.2). Lokacija novoplaniranog piezometra pod nazivom PZK (Koromačna) nalazi se u području građenom od dobro propusnih vapnenaca gornje krede formacije Niska i u pravcu je jezero Vrana-izvor Lukavac koji se nalazi na istočnoj obali otoka Cresa.

Lokacija novoplaniranog piezometra pod nazivom PZB (Belej) pruža se uz glavne tektonske pravce i reversne rasjede koji idu od jezera Vrana u pravcu juga-jugoistoka prema južnom djelu otoka, te je u tom prostoru moguće pružanje drenažnih pravaca po kojima se kreće podzemna voda u dubljim horizontima krškog vodonosnika.



Slika 3.2. Prijedlog lokacija novih piezometara

Planirana dubina piezometara je od oko 200 – 250 m što diktira hipsonometrijska visina terena odnosno potreba da dno bušotina bude najmanje 50 m dublje od pretpostavljene statičke razine vode, kao i ispod dna jezera.

Osim u cilju detekcije stanja podzemnih voda u dubokom podzemlju, funkcija predloženih piezometara bi bila i utvrđivanje gradijenata tečenja podzemnih voda koje se na tom prostoru koncentrirano prihranjuju i oborinskim vodama sa zatvorenog sustava odvodnje magistralne otočke prometnice Cres – Lošinj. 2000. godine je na ukupnoj duljini od 11,6 km provedena rekonstrukcija i djelomično izmještanje prometnice. Na njoj je izveden zatvoreni sustav odvodnje u duljini od 7 km (Slika 3.3), unutar područja koje se rasprostiralo prema tadašnjem prijedlogu granica zona sanitarne zaštite koje je dao Institut za geološka istraživanja (1988).



Slika 3.3. Magistralna otočka prometnica Cres – Lošinj sa zatvorenim sustavom odvodnje na dionici unutar zona sanitarne zaštite izvorišta pitke vode (GEO-5, 2015)

U sklopu rješenja odvodnje, izgrađena su i tri separatora ulja i masti s odvodom nakon protjecanja kroz njih neposredno na rubu III zone zaštite (Slike 3.4 i 3.5). Novelacijom zona sanitarne zaštite (GEO-5, 2015), pomaknute su granice pružanja zaštitnih zona u jugoistočnom dijelu sliva, pa je odvod na jednom od separatora dospio u II zaštitnu zonu što nije dozvoljeno. No, i odvodi s ostala dva separatora su problematični jer se njima koncentriraju oborinske vode na uski okršeni prostor gdje se njihovom infiltracijom koncentrirano prihranjuje krški vodonosnik vodama koje su tretirane samo na izdvajanje čestica koje lako mogu isplivati (ulja i masti) ili potonuti (čestice pijeska ili šljunka).

No, sudeći po slici 3.5, dinamika protjecanja voda je iznimno velika, da je čak pomaknuta i betonska ploča na jednom od okana separatora, tako da je upitna funkcija njihova pročišćavanja i tih ulja i masti. Koncentriranim prihranjivanjem podzemlja neočišćenim podzemnim vodama otvaraju se komunikacijski putevi prema aktivnim dijelovima vodonosnika, pa postoji mogućnost brzog unosa i pronosa onečišćenja u podzemlje, a moguće i prema Vranskom jezeru jer su dane granice samo zonalne i nisu temeljene na nekim trasiranjima.

Stoga je izvedba novih piezometara važna i za bolje definiranje gradijenata tečenja podzemnih voda u okruženju Vranskog jezera i otočke prometnice, te sagledavanje povoljnijeg lociranja spomenutih separatora. Naravno, uz vjerojatno prelociranje/produljavanje njihova odvoda, predložena je i dopuna sustava odvodnje i na tim lokalitetima dvaju koncentriranih ispusta gdje se granice III zone ne bi mijenjale s dodatnim tretmanom ispuštenih oborinskih voda u vidu izgradnje mokrih laguna. Tu bi se dodatnim taloženjem u većem volumenu vode s puno značajnijim vremenom zadržavanja, kao i aktiviranjem biološko-kemijskih procesa samopročišćavanja, koji se odvijaju u lagunama, oborinske vode dovele na primjeren stupanj njihova ispuštanja u okoliš ili njihova sekundarnog korištenja (GEO 5, 2015).



Slika 3.4. Separator ulja i masti uz državnu cestu D100 na otoku Cresu



Slika 3.5. Odvodno okno separator ulja i masti uz državnu cestu D100 na otoku Cresu s vidljivim tragovima intenzivnog prelijevanja oborinskih voda koje su čak pomaknule betonsku ploču

Monitoring kakvoća vode (kemijske i mikrobiološke značajke)

S obzirom na rezultate dosadašnjeg monitoringa, kao i tendencije praćenja sličnih lokaliteta na drugim područjima u sličnim uvjetima predlaže se manja dopuna praćenih parametara.

Mineralna ulja (ugljkovodici) u svim su ispitivanjima bila niska, izuzev razdoblja tijekom 2014. do 2015. godine kada je monitoringom Ministarstva zdravstva utvrđena povišena koncentracija. Visoke koncentracije bile su posljedica izlučivanja od strane zelene kolonijalne alge *Botryococcus* sp. i nisu se povezala s antropogenim utjecajem sa sliva Vranskog jezera.

Središnjom prometnicom Cres-Lošinj dnevno prometuje veći broj vozila, a značajna količina oborinskih voda usmjerava se prema izgrađenim separatorima. Međutim, u njima, kako je prethodno spomenuto, osim izdvajanja masnoća, drugih procesa pročišćavanja nema. Stoga se, zbog navedenog rizika, preporuča kontinuirano praćenje ugljikovodika, uz specifične pokazatelje onečišćenja kao što su: nikal, vanadij, olovo, benzen i policiklički aromatski ugljikovodici od kojih je najznačajniji marker spoj benzo(a)piren.

Naftni derivati se koriste u velikim količinama, prvenstveno kao gorivo. To su kompleksne kemijske smjese dobivene iz sirove nafte destilacijom i frakcioniranjem. Prvenstveno se sastoje od širokog spektra alifatskih i aromatskih **ugljkovodika**, od kojih je većina slabo topljiva u vodi. Imaju široku uporabu, skladište se što povećava mogućnost izlivanja. Prema tome, postoji mogućnost prodora u izvorsku vodu, distribucijske sustave i kontaminacije uređaja za pročišćavanje vode za piće. Naftni ugljikovodici male molekularne težine imaju niske pragove mirisa u vodi za piće. Osobito se to odnosi na alkilbenzene kao što je trimetilbenzen, od kojih već u koncentracijama od nekoliko mikrograma po litri može nastati vrlo neugodnog mirisa "poput dizela". Prag okusa niži je kod mješavine aromatskih ugljikovodika male molekularne težine u usporedbi s pojedinačnim komponentama. Dizel je posebno bogat izvor takvih tvari.

Poliaromatski ugljikovodici (eng. Polycyclic Aromatic Hydrocarbons, **PAHs**) su grupa različitih organskih spojeva od kojih svaki sadrži dva ili više spojena aromatska prstena građena od atoma ugljika i vodika. Većina PAHs u okoliš ulazi putem atmosfere iz raznih vrsta procesa izgaranja i pirolize. Nalazi se u ispušnim plinovima motornih vozila i drugih benzinskih i dizelskih motora, stvaraju se kod peći na ugljen, spalionicama, u dimu cigareta. Zbog niske topljivosti i visokog afiniteta za čestice, obično se u vodi ne nalaze u značajnijim koncentracijama.

Benzo(a)piren je jedan od PAHs čija proizvodnja nije komercijalna, međutim u okolišu se često detektira obzirom da nastaju kao rezultat nepotpunog izgaranja organskih materijala. Benzo(a)piren pri kratkotrajnom izlaganju potencijalno uzrokuje oštećenje crvenih krvnih stanica, anemiju i slabljenje imunološkog sustava, dok kod kronične izloženosti ometa razvoj i reprodukciju te može izazivati rak.

Benzen se uglavnom koristi u proizvodnji drugih organskih kemikalija. Prisutan je u benzinu, a emisije iz vozila glavni su izvor benzena u okolišu. U vodu može dospjeti industrijskim otpadnim vodama i onečišćenim atmosferskim. Akutna izloženost ljudi visokim koncentracijama benzena prvenstveno utječe središnji živčani sustav. Obzirom na dokazana kancerogena svojstva, IARC (Međunarodna agencija za istraživanje raka, eng. International Agency for Research on Cancer) je ovaj spoj klasificirao u Grupu 1.

U prirodi je **olovo** najrasprostranjeniji teški metal, a u industriji se široko primjenjuje u proizvodnji olovnih baterija, žica za lemljenje i legura. U vodi za piće rijetko je prisutan kao rezultat otapanja iz prirodnih izvora, već je njegova prisutnost prvenstveno vezana uz korozivno djelovanje vode na kućne

instalacije koje su izvedene od materijala koji sadrži olovo. Količina olova koja će se otopiti iz vodovodnih cijevi i armatura ovisit će o više čimbenika: vrsti materijala, starosti cijevi, vremenu zadržavanja vode te o kvaliteti vode. Mjerama kontrole korozije (npr. podešavanjem pH vrijednosti) može se smanjiti razina olova u vodi za piće. Prema WHO smjernicama preporučena maksimalna koncentracija olova u vodi za piće iznosi 10 µg/L. Olovo je kumulativni sistemski otrov koji se taloži u organima i tkivima, stoga je izloženost višim koncentracijama olova povezana s različitim zdravstvenim učincima. Kod odraslih ljudi dolazi do smanjenja kognitivnih sposobnosti, povećanja krvnog tlaka, poremećaja u funkciji bubrega, smanjenja plodnosti i malformacija ploda, kardiovaskularnih oboljenja i smrti. Kod djece uočen je negativan efekt na razvoj neurološkog sustava kao i pojava smanjenja kvocijenta inteligencije.

Unos **nikla** u vode može biti značajan u područjima u kojima se nikal prirodno pojavljuje u podzemnim vodama, gdje se koriste određene vrste kotlova ili je voda došla u kontakt materijalom slavine koji sadrži nikal. Primarni izvor nikla u vodi za piće je ispiranje iz materijala koji su u kontaktu s vodom za piće, kao što su cijevi i ventili. IARC je zaključio da su inhalirani spojevi nikla kancerogeni za ljude (Grupa 1), a da je metalni nikal moguće kancerogen (Grupa 2B).

Vanadij je element u tragovima široko rasprostranjen u zemljinoj kori u prosječnoj koncentraciji od približno 100 mg/kg. Koncentracija vanadija u pitkoj vodi također značajno ovisi o geografskom položaju. Vanadij se javlja u različitim oksidacijskim stanjima, najčešće +3, +4 i +5. Peterovalentni vanadij je najstabilniji a ujedno i najtoksičniji oblik. Koncentracije vanadija u vodi za piće općenito ne prelaze nekoliko mikrograma po litri. Međutim, znatno veće koncentracije (iznad 100 µg/L) nalaze se u pojedinim izvorima vode, osobito u podzemnim vodama na vulkanskim područjima, kao posljedica ispiranja iz stijena bogate vanadijem. Vanadij se primjenjuje u mnogim proizvodima od čelika, kao što su alati. Unos vanadija putem vode može imati štetne učinke na bubrege, slezenu i pluća.

Vransko jezero karakterizira nisko opterećenje mikrobiološkim pokazateljima i ova onečišćenja uglavnom su vezana uz hidrološke prilike. Ipak, radi smanjenja zdravstvenih rizika pri korištenju voda iz Vranskog jezera, predlaže se uvesti praćenje dvaju novih pokazatelja mikrobiološkog onečišćenja - *Clostridium perfringens* i somatskih kolifaga.

Clostridium perfringens je predstavlja vrijedan pokazatelj fekalnog onečišćenja. To su Gram-pozitivne bakterije koje u crijevnom sustavu životinja i ljudi, stvaraju spore koje su, u usporedbi s vegetativnim oblicima, otpornije na povišenu temperaturu. *C. perfringens* u crijevima se javlja i u obliku spora i vegetativnih stanica, kao i u uzorcima iz okoliša. Spore *C. perfringens* u vodi preživljavaju mjesecima, puno dulje od vegetativnih fekalnih indikatorskih bakterija. Zbog toga njihova prisutnost može ukazivati na udaljeno ili povremeno fekalno onečišćenje. Praćenje *C. perfringens* pokazalo se korisnim za procjenu kvalitete vodnih resursa i provjeru učinka pojedinih tretmana koji se koriste u obradi vode. Spore *C. perfringens* nije uvijek moguće inaktivirati rutinskim postupcima dezinfekcije vode (npr. kloriranjem). Nova EU Direktiva o kvaliteti vode namijenjene za ljudsku potrošnju 2020/2184 od 16. prosinca 2020. godine odredila je da se taj parametar mjeri ako je u procjeni rizika navedeno da je to primjereno učiniti. U vodi za ljudsku potrošnju nije dozvoljena prisutnost ovog mikrobiološkog pokazatelja (MDK = 0 CFU/100 ml).

Somatski kolifagi predstavljaju bakterijski virus sposoban inficirati određeni soj domaćina *E. coli*. Naime, istraživanja su potvrdila prisustvo virusa u pročišćenoj otpadnoj vodi, čak kada bakterijski indikatori nisu detektirani. Mogu se pronaći u crijevima i ekskretima ljudi i ostalih toplokrvnih životinja. Obzirom na svoju morfologiju, strukturu i sastav, kolifagi su sličniji su humanim enterovirusima te se

mogu detektirati pomoću jednostavnih, jeftinih, brzih i pouzdanih metoda. Stoga se somatski kolifagi smatraju pouzdanijim indikatorima virusne fekalne kontaminacije, u odnosu na bakterijske indikatore. Nova EU Direktiva (2020/2184) propisala je ovaj mikrobiološki pokazatelj u slučaju kada je u procjeni rizika navedeno da je to primjereno. Ako se pronađe u sirovoj vodi u koncentracijama većim od 50 PFU/100 ml (PFU – jedinice koje stvaraju plakove), trebalo bi ga analizirati nakon koraka u lancu obrade kako bi se utvrdio log uklanjanja putem postavljenih prepreka i kako bi se procijenilo je li rizik od prisutnosti patogenih virusa dovoljno pod kontrolom.

Batimetrija i visinski odnosi

Vezano uz dane prikaze batimetrijskih premjera i spomenutog problema potrebe usklađenja visinskih međuodnosa referentnih točaka monitoringa i geometrije jezera i objekata vezanih uz vodoopskrbu na njemu, predlaže se provedba kontrolnih geodetskih snimanja položaja „0“ vodokaza na jezeru i mareografa u Martinšćici, te svih izvedenih piezometara.

Ostali monitoring

Predlaže se uspostava aktivnijeg monitoring sedimenta jezerskog dna, s učestalošću jednom u 6 godina, sa povezivanjem stanja na jezerskom dnu i biokemijskih i bioloških značajki bentoskih zajednica. Uz to nužno je provesti reviziju rezultata dosadašnjih bioloških istraživanja, te sastaviti prijedlog monitoringa kojemu cilj ne bi bio samo ocjena sadašnjeg stanja, nego i cjelovito sagledavanje ekosustava Vranskog jezera, te procjene rizika od neželjenih promjena u nekim drugačijim uvjetima hidroloških ili temperaturnih prilika, promijenjene kakvoće vode i slično.

4. Analiza i izrada prijedloga baze podataka

Učinkovito upravljanje vodnim resursima temelji se na primjerenim podlogama koje su pak temeljene na monitoringu različitih elemenata vodnog režima kao i kvantitativne i kvalitativne pojavnosti voda. Člancima 153. i 154. Zakona o vodama (NN 66/19, 84/21) navodi se da je Informacijski sustav voda dio informacijskog sustava zaštite okoliša koji vodi tijelo državne uprave nadležno za okoliš i prirodu koji čini dio Europskog informacijskog sustava za vode i more (WISE). Navodi se i da Hrvatske vode prikupljaju, obrađuju i interpretiraju podatke o vodama i vodnom okolišu za potrebe provedbe vodne politike te da se Informacijski sustav voda usklađuje i povezuje s informacijskim sustavima koje vode druga tijela državne uprave, tijela jedinica lokalne i područne (regionalne) samouprave i pravne osobe s javnim ovlastima. Isto tako, navodi se i da su pravne i fizičke osobe koje raspolažu podacima vezanim za vode i vodni okoliš dužne dostaviti ih Hrvatskim vodama, osim podataka koji sukladno posebnom propisu predstavljaju državnu, vojnu, službenu, poslovnu ili profesionalnu tajnu, kao i da tijela državne uprave, tijela jedinica lokalne i područne (regionalne) samouprave i pravne osobe s javnim ovlastima koja posjeduju podatke od značaja za upravljanje vodama i vođenje vodne dokumentacije obvezna su ih ustupiti ili učiniti dostupnima u elektroničkom obliku Hrvatskim vodama na njihov zahtjev. Isto tako navodi se i da su na zahtjev prethodno spomenutih tijela ili osoba, Hrvatske vode su obvezne ustupiti im podatke iz Informacijskog sustava voda.

No, u stvarnosti zapravo postoji ograničen fond podataka vezanih uz vode koji su organizirani kao baze podataka u nekima od nadležnih institucija, a još manje takvih baza podataka kojima se može pristupiti iz drugih institucija također vezanih uz problematiku voda kojima su ti podaci značajni u domeni njihovih nadležnosti. Svijetao primjer toga je Baza hidroloških podataka HIS 2000 kojom operativno upravlja DHMZ, kod koje je omogućeno neposredno korištenje svih sadržaja te baze i Hrvatskim vodama. U ograničenom obliku baza dostupna na web-u <https://hidro.dhz.hr/> pa je moguć uvid u sve raspoložive dnevne podatke vodostaja i protoka, no i njihovo neposredno preuzimanje već se to za institucije i pojedince koje nemaju neposredni pristup ostvaruje putem zahtjeva za pristup informacijama. Isto tako, kao pozitivan primjer je za istaknuti i Geoportal Hrvatskih voda (<https://preglednik.voda.hr/>), WEB GIS aplikacija kojom je moguće pristupiti i procesirati dio prostornih podloga vezanih uz vode.

No, postoji još niz drugih informacija i sadržaja vezanih uz vode koji su interesantni za upravljanje vodama, a nisu dostupni u obliku prikladnih baza podataka. Radi se o procesu kod koga je ostvaren vrlo značajan napredak u smislu ostvarenja prikladnijeg čuvanja i korištenja podataka, no koji se i dalje izgrađuje. Pri tome su nositelji te izgradnje institucije koje su nadležne za praćenje i upravljanje pojedinih segmenata pojavnosti voda. No, razmjena podataka u smislu osiguranja pristupa drugim institucijama i zainteresiranoj javnosti vrlo često je ograničena kako tehnološkim ograničenjima, tako i financijskim – ustupanje već prikupljenih podataka vrlo često se naplaćuje kako bi institucije koje su zadužene za njihovo prikupljanje financirale dio svojih aktivnosti na prikupljanju i arhiviranju podataka.

Zbog toga je ideja da se osmisli sadržaj i struktura baze podataka koja bi uključivala sve prikupljene podatke monitoringa Vranskoga jezera ograničena u mogućnosti njene realizacije. Prije svega, baza podataka mora biti dio nekog sustava, te je stoga nužno generalizirati takve baze podataka monitoringa vodnih resursa i uključiti ih u Informacijski sustav voda kao unificirani pristup. Isto tako, treba raščlaniti karakter podataka monitoringa obzirom da je monitoring stanja voda sistematiziran u tri osnovna dijela sukladno cilju monitoringa:

1. Nadzorni monitoring koji ima za cilj utvrđivanje dugoročnih promjena,
2. Operativni monitoring na osnovi kojeg se utvrđuje promjene nastale provedbom programa mjera na vodama za koja je utvrđeno da ne zadovoljavaju ciljeve zaštite voda,
3. Istraživački monitoring za utvrđivanje nejasnih i nepoznatih odnosa u okviru DPSIR ciklusa (međudnosi Pokretač-Opterećenje-Stanje-Utjecaj-Odgovor).

No, i sami podaci monitoringa mogu biti vezani ne samo za jedan od prikazanih tipova monitoringa – npr. podaci praćenje stanja podzemnih voda u okruženju Vranskog jezika (praćenje razina podzemnih voda) interesantni su kvantitativni pokazatelji nadzornog monitoringa kako bi se na vrijeme sagledale dugoročne promjene, ali i istraživačkog kako bi se sagledao koliki utjecaj na njihovo stanje ima crpljenje iz jezera i s njime uvjetovano sniženje razine vode u jezeru.

Vezano uz različite vidove monitoringa, za istaknuti je da na nizu izvorišta voda za vodoopskrbu postoji i operativni korisnički monitoring koji komunalnom društvu koje provodi javnu vodoopskrbu služi za upravljanjem izvorištem u realnom vremenu, prije svega vezano uz crpljenje voda i tretman odabranih kemijskih pokazatelja, prije svega mutnoća i sadržaja klorida/električne vodljivosti.

No nisu važni samo programi istraživanja koje provode Hrvatske vode i komunalna društva, nego se vezano uz monitoring voda nekog izvorišta/vodnog resursa niz korisnih saznanja o značajkama njegovih voda osigurava i putem paralelnih programa i izvora financiranja koje provode nezavisne institucije – poglavito znanstveno istraživačke, ali i institucije lokalne zajednice pa do udruga građana i slično. Rezultati njihovih istraživanja najčešće su dokumentirani u vidu znanstveno-stručnih članaka, studija i drugih dokumenata u kojima su rezultati monitoringa interpretirani, ali uglavnom nisu sadržani i sami osnovni podaci iz kojih su oni izvedeni. No neovisno o tome sadrže ili ne takvi dokumenti i same podatke, sadržaj tih dokumenata ima velik značaj i za upravljanje vodama tih resursa. No, osiguranje njihove dostupnosti upravljačima voda nekog resursa koji se koristi za vodoopskrbu – Hrvatskim vodama i komunalnom nije formalizirano, i do njih se dolazi na različite načine, a često ostaju i nepoznati upravljačima.

Što se tiče publiciranih znanstveno-stručnih članaka, ali i drugih tipova znanstvene literature (priopćenja objavljena u kongresnim zbornicima, magistarski i doktorski radovi, knjige, poglavlja u knjigama, separati, prezentacije u PowerPointu, tehnička izvješća sa sveučilišta, akademskih ustanova, stručnih društava i istraživačkih skupina...(<http://ark.mef.hr/znalac.htm>)), velikom dijelu njih koji su objavljeni u Hrvatskoj može se pristupiti putem portala hrvatskih znanstvenih i stručnih časopisa Hrcak (<https://hrcak.srce.hr/>), dok se člancima u inozemnim časopisima (uz domaće također), može pristupiti putem Google znalca (engl. *Google Scholar*), internetskog pretraživača znanstvene literature, razvijen u okvirima pretraživača Googlea. Pri tome je nužno koristiti odgovarajuće ključne riječi – pojmove ili autore.

Zbog prethodno navedenog, neka separatna organizirana baza podataka vezana uz vodni sustav Vranskog jezera koja bi ujedno bila dio Informacijskoga sustava voda vrlo je teško određiva u smislu da sadrži barem najvažnije relevantne informacije monitoringa bilo koje vrste, i na osnovu njega izvedene rezultate. Svojevrsni pokušaj povezivanja informacija vezanih uz hidrološki monitoring Vranskog jezera provodio se tijekom devedesetih godina prošlog stoljeća kada su u razdoblju 1993.-2000. u vidu godišnjih izvještaja dokumentirani rezultati hidrološkog monitoringa, kao i uz to vezana saznanja u vidu publiciranih znanstveno-stručnih radova. Nositelji tih aktivnosti bili su JVP za slivno područje istarskih slivova iz Labina i JVP Hrvatska vodoprivreda OJ Rijeka, odnosno po provedenoj reorganizaciji vodnogospodarske djelatnosti za 1996. i 1997.g. Hrvatske vode, VGO za vodno područje primorsko-

istarskih slivova iz Rijeke, dok je jedan izvještaj napravljen i od strane Građevinskog fakulteta u Rijeci (2001). Radilo se o dokumentima koji nisu bili strukturirani kao neke suvremene baze podataka, ali su sadržavali relevantne informacije monitoringa na jednom mjestu.

Proširenje informacijskog sustava voda nekim dodatnim elementima baza podataka koji bi se odnosili na monitoring vodnog sustava Vranskog jezera za sada je teško izvedivo, posebno ukoliko bi se u njega sustavno uključivale informacije koje dolaze iz Hrvatskim vodama suradničkih institucija koje nemaju javno dostupne baze dotičnih podataka, ili pak nemaju formalne obveze (statusne ili ugovorne) da svoje podatke stavljaju na raspolaganje Hrvatskim vodama. Zbog toga se predlaže da se za sada formira interna baza podataka Hrvatskih voda o tom lokalitetu, koja bi mogla funkcionirati kao jedan od jednostavnijih tipova sustava za upravljanje bazama podataka kao što je npr. MS program Access s obzirom da su Hrvatske vode orijentirane i na ostale programe MS okruženja (Word, Excel, PowerPoint).

Program Access omogućuje izrađivanje relacijske baza podataka. U tom kontekstu i Vransko jezero na Cresu može biti određen entitet kojem se dodjeljuju određeni atributi i pripadajuće vrijednosti tih atributa – u danom slučaju rezultata monitoringa određenih pokazatelja. Baza sadrži mogućnost spremanja podataka i na osnovu njih operiranja s podacima te generiranja različitih izvješća, prilagođenih željama korisnika.

Generalna struktura i sadržaj baze takvih podataka trebao bi sadržavati slijedeće elemente:

- **Podatke monitoringa DHMZ-a – hidrološki podaci** o kolebanjima razine vode u Vranskom jezeru i na moru na lokaciji mareografa Martinščica – radi se o podacima koje je moguće neposredno preneti iz postojeće baze podataka DHMZ-a i Hrvatskih voda HIS 2000. Pri tome bi trebalo razdvojiti povijesne nizove osmotrenih podataka koji su prošli primarnu kontrolu i verifikaciju od strane stručnih službi DHMZ-a, od tekućih podataka koji se za sada memoriraju na klasičnim limnigrafskim postajama DHMZ-a, a koje bi se u budućnosti moglo automatizirati i osigurati automatsku dojavu kao što je to slučaj s nizom postaja u mreži DHMZ-a kod koje je provedena takva rekonstrukcija i dopuna. No, za tako prikupljane podatke nužno je osigurati provedbu standardne verifikacije prije uključenja u bazu povijesnih nizova hidroloških podataka HIS 2000.
- **Podatke monitoringa DHMZ-a – meteorološki podaci** s meteoroloških postaja na širem utjecajnom prostoru;
 - Sa standardnih postaja - klimatološke postaje Cres i oborinske postaje Martinščica, no čiji podaci nisu neposredno dostupni na web stranici DHMZ-a koja se odnosi na meteorološke pokazatelje – oborine i temperature,
 - S automatske meteorološke postaje Vransko jezero – Cres, locirane neposredno iznad Vranskog jezera. Radi se o relativno novoj postaji (aktivna od 1.7.2019.) čiji podaci još nisu uključeni u web aplikacije tekućih informacija s automatskih meteoroloških postaja DHMZ-a (https://meteo.hr/podaci.php?section=podaci_vrijeme¶m=amp), a ni u prikaze mjesečnih i godišnjih količina oborina (https://meteo.hr/klima.php?section=klima_podaci¶m=k2_1). Za spomenuti je da Vodovod i odvodnja Cres Lošinj d.o.o. ima neposredan pristup podacima s te postaje DHMZ-a koji se generiraju u standardne mjesečne tablične klimatološke prikaze s dnevnim

vrijednostima temperatura zraka (terminska u 7, 14 i 21 sat te srednje), (prosječno dnevno globalno zračenje, dnevne oborine, dnevno isparavanja, srednja dnevna relativna vlažnost zraka, te podaci o vjetru (medijan brzina, maksimalna dnevna brzina te smjer vjetra koji prikazuje prve dvije dominantne vrijednosti za određeni datum). Za spomenuti je da se automatski isparitelj klase A nalazi u neposrednoj blizini jezera (aktivan od 1.11.2020.), u okruženju CP Vrana. Radi se o vrijednim recentnim podacima, no koji još nisu prošli primarnu klimatološku provjeru, tako da se ne mogu automatski tretirati kao cjeloviti nizovi iz razloga što se prilikom preuzimanja podataka s automatskih meteoroloških postaja ponekad javljaju i praznine u nizovima, situacije bez podataka zbog izvjesnih zastoja u mjerenju ili transferu podataka, te ih je nužno provjeriti i verificirati.

-Podatke komunalnog društva Vodoopskrba i odvodnja Cres Lošinj d.o.o. koji su posebno interesantni za praćenje značajki vodnog resursa Vranskog jezera koga koriste. Radi se prije svega o dnevnim crpljenim količinama voda, kao i internim podacima praćenja oborina na kišomjernoj postaji CP Vrana lociranoj u neposrednom okruženju CP. Za spomenuti je da su Hrvatske vode u fazi realizacije projekta „Akcijski plan ugradnje, upravljanja i održavanja mjernih uređaja na vodozahvatima javne vodoopskrbe, te evidentiranja, prikupljanja, obrade i kontrole podataka o zahvaćenim količinama vode“ kojim je predviđeno automatizirano prikupljanje informacija o zahvaćenim količinama voda na pojedinim izvorištima, tako će po završetku tog projekta biti moguće i njihovo neposredno preuzimanje unutar Hrvatskih voda. Za spomenuti je da se unutar informacijskog sustava spomenutog komunalnog društva za ocjenu stanja i značajki vodnog resursa koga koriste – Vranskog jezera, prikupljaju i podaci o temperaturi vode na mjestu zahvata kao i mutnoći, a koje je moguće preuzeti i uključiti u buduću bazu rezultata monitoringa.

- Podaci monitoringa podzemnih voda – monitoring podzemnih voda na piezometarskim bušotinama u okruženju Vranskog jezera trenutno provode GEO-5 d.o.o. u sklopu predmetnog projekta Monitoringa podzemnih voda koji završava potkraj prosinca 2022. godine na dvama novoformiranim dubokim bušotinama na pravcima potencijalnih gubitaka vode iz jezerskog sustava, kao i Građevinski fakultet u Rijeci na dvama „starim“ bušotinama u zoni dotoka u zaleđu CS Vrana u okviru EU projekta Upravljanje krškim vodonosnicima ugroženim klimatskim promjenama (UKV) koji završava u siječnju 2023. Radi se o monitorinzima kolebanja razina vode, temperature i električne vodljivosti u spomenutim piezometrima čiji se podaci čuvaju u vidu tabličnih prikaza satnih vrijednosti spomenutih parametara. Kako ne postoji organizirani monitoring podzemnih voda na krškom području Hrvatske (za razliku od kontinentalnog dijela Podunavskog sliva gdje je takav monitoring prisutan na dijelu područja uz Savu, Dravu u Dunav), nužno je osigurati arhiviranje tako prikupljenih podataka kako bi ih se uključilo u kasnije eventualne baze podataka svih relevantnih monitoringa.

- Podaci monitoringa kakvoće voda

Hrvatske vode imaju organiziranu bazu monitoringa kakvoće voda s nizom fizikalno kemijskih i mikrobioloških pokazatelja za odabranu referentnu točku u blizini zahvata voda, pri čemu se do zaključno 2013.g. uzorkovalo i na površini jezera i 1 m od dna, od 2014.g. zahvaća se kompozitni uzorak. S učestalošću od jednom mjesečno prate se slijedeći fizikalno kemijski pokazatelji: sadržaj klorofila, prozirnost vode, ukupna masa fitoplanktona, alkalitet, električna vodljivost, mutnoća, pH, redok potencijal, salinitet, ukupna suspendirana tvar, ukupna tvrdoća, amonij, temperatura vode, anorganski dušik, neionizirani amonijak, nitrati, nitriti,

organski dušik, otopljeni ortofosfati, otopljeni organski ugljik, ukupni dušik, ukupni fosfor, ukupni fosfor oligotrofni, ukupni organski ugljik, BPK5, KPK-Mn, otopljeni kisik, zasićenje kisikom, dok se od mikrobioloških pokazatelja prate ukupne koliformne bakterije, Escherichia coli, fekalne koliformne bakterije te enterokoki. Za napomenuti je da je tijekom dugogodišnjeg razdoblja monitoringa dolazilo i do promjene odabranih pokazatelja praćenja, učestalosti pa i mjesta njihova uzorkovanja.

Građevinski fakultet u Rijeci u sklopu spomenutog UKV projekta postavio je i dvije sonde za praćenje kakvoće vode na lokaciji najdubljega dijela jezera, i to pri vrhu i dnu, gdje se, dok traje spomenuti projekt, prati električna vodljivost i temperatura vode.

- Podaci/dokumenti realiziranih istraživačkih i stručnih projekata i drugih dokumenata vezanih uz istraživanja Vranskog jezera, kao i objavljeni radovi vezani uz tematiku vodnih resursa Vranskog jezera i njegovog vodonosnika

Kao što je u ovom poglavlju uvodno istaknuto, i Hrvatske vode i niz drugih institucija financiraju istraživačke i stručne projekte koji imaju kao rezultat dokumente i radove u kojima je, vrlo često i na temelju dodatnih monitoringa provedenih tijekom trajanja tih projekata, analizirana problematika voda Vranskog jezera i njegovog vodonosnika. I dok je manji problem prikupiti projekte koje su realizirale ili financirale Hrvatske vode i njezini prednici ili će ih u budućnosti realizirati, te ih uključiti u neku organiziranu bazu podataka orijentiranu na korisnike koji se bave upravljanjem vodama Vranskog jezera na otoku Cresu, dokumente i radove koji su realizirani i financirani od strane drugih nositelja, ukoliko nisu pristupačni na nekim javno dostupnim web stranicama, biti će puno teže uključiti u planiranu bazu. S jedne je strane problem osiguranja informacija o realizaciji tih projekata i njihovih rezultata što se donekle može riješiti koristeći web tragalice (uvodno u ovom poglavlju spomenuti Hrčak i Google znalac) s ključnim pojmovima vezanim uz Vransko jezero, ali je za uključivanje dokumenata i radova potrebna suglasnost njihovih naručitelja i izvoditelja/autora radova, kao i samih izdavača radova ukoliko isti nisu javno dostupni. Što se pak tiče dokumenata koji su arhivirani u Hrvatskim vodama, saznanja o njima postoje putem popisa arhivske građe, a veći dio tih dokumenata čuva se i u e-obliku – kako u vidu stare digitalizirane arhivske građe, tako i u vidu e-forme dokumenata i samih podataka na temelju kojih su ti dokumenti napravljeni koji se predaju naručitelju/Hrvatskim vodama od strane izvoditelja radova ukoliko se radi o novouspostavljenom monitoringu u okviru predmetnih projekata.

Na temelju iznesenog vidljivo je da je strukturiranje neke posebne baze podataka koja bi se odnosila na Vransko jezero i njegov vodonosnik vrlo zahtjevan zadatak čija je realizacija ograničena. Stoga je realnije očekivati da će se razvojem ne samo monitoringa, nego i baza podataka u nadležnosti drugih institucija koje se bave praćenjem stanja i istraživanjem značajki voda te osiguranjem otvorenog pristupa i drugim zainteresiranim korisnicima, omogućiti povezivanje saznanja o analiziranom prostoru, preuzimanje relevantnih informacija e-putem te njihova obrada. Do tada, kao predložak za strukturu baze podataka realiziranih istraživačkih i stručnih projekata i drugih dokumenata vezanih uz istraživanja Vranskog jezera može poslužiti postojeća baza podataka tehničke dokumentacije u uporabi u Vodnogospodarskom odjelu Rijeka.

5. Zaključci

Rezultati dosadašnjeg monitoringa svih raspoloživih elemenata pokazuju da Vransko jezero sa svojim područjem sliva, koje je slabo naseljeno i bez većih antropogenih aktivnosti, predstavlja jedan vrijedan ekološki sustav koji za sada nije jače ugrožen promjenama koje bi mogle negativno utjecati na kakvoću vode u jezeru koja se koristi i za vodoopskrbu. No, porastom antropogenih pritisaka i utjecaja klimatskih promjena, to se stanje može promijeniti pa je zbog toga nužno dograđivati monitoring te interdisciplinarno analizirati njegove rezultate.

Praćenjem rezultata kemijskih ispitivanja u razdoblju od 1986. do 2019. godine možemo zaključiti da Vransko jezero karakteriziraju stabilno kretanje hoda i kemijskih pokazatelje koji ne pokazuju trendove negativnih promjena. To se prvenstveno odnosi na osnovne fizikalno-kemijske pokazatelje: pH, električna vodljivost, alkalitet, ukupna tvrdoća i sadržaj iona. Od iona najviše variraju koncentracije klorida koje se kreću u rasponu od 26,35 do 72,0 mg/l.

Režim kisika ukazuje na optimalne koncentracije otopljenog kisika i zasićenja kisikom, izuzev što se povišene koncentracije zasićenja kisikom (134,3 %) javljaju u ljetnim mjesecima. Vrijednosti biološke potrošnje kisika (BPK5) niže su u razdoblju od 2009. do 2019. godine, s vrijednostima do 2,0 mgO₂/l.

Organska tvar praćena preko utroška kalijevog permanganata (KPK-Mn) i ukupnog organskog ugljika (TOC) ukazuje da se u vodi ne detektiraju povišene vrijednosti ovih pokazatelja koje bi ukazivale na lako oksidabilnu ili ukupnu organsku tvar.

Jezero nije opterećeno dušikovim i fosfornim spojevima. Prema vrijednostima ispitivanja kompozitnog uzorka vode Vranskog jezera iz 2019. godine, vrijednosti nitrata i ukupnog fosfor ukazuju da je voda vrlo dobrog ekološkog stanja, sukladno Uredbi o standardu kakvoće voda u prirodi (NN 96/2019).

Mineralna ulja (ugljkovodici) u svim su ispitivanjima bila niska, izuzev razdoblja tijekom 2014. do 2015. godine kada je monitoringom Ministarstva zdravstva utvrđena povišena koncentracija. Visoke koncentracije bile su posljedica izlučivanja od strane zelene kolonijalne alge *Botryococcus* sp., čija pojava nije povezana s antropogenim utjecajem sa sliva na vodu Vranskog jezera.

Vransko jezero karakterizira nisko opterećenje mikrobiološkim pokazateljima i ova onečišćenja uglavnom su vezana uz hidrološke prilike.

No, da bi kakvoća jezera ostala u danim povoljnim granicama, nužno je unaprijediti sustav monitoringa proširenjem mjernih postaja, prije svega uspostavom još dvaju dubokih piezometara s istočne i jugoistočne strane jezera. Njihova svrha je osiguranje informacija o nultom stanju u podzemlju, kao i u svrhu indikacije eventualnih povećanih prodora mora u krški vodonosnik koji okružuje jezero kako bi upravljačkim mjerama smanjio rizik od zaslanjivanja i samog jezera. Uz to, predloženi piezometri imaju i svrhu optimalizacije položaja odvoda oborinskih voda nakon protjecanja i tretmana kroz postojeće separatore.

Uz to, danim prijedlozima unaprjeđenja monitoringa preuzeo bi se monitoring hidroloških prilika i podzemnih voda koji je provoden u dvama istraživačkim programima koji upravo završavaju svoje djelovanje. Povećala bi se i množina informacija koje je moguće osigurati u realnom vremenu, način njihovih arhiviranja i pristupa, kao i povećala interdisciplinarnost u provedbi istraživanja i obradi podataka monitoringa.

6. Literatura

- Biota j.d.o.o. (2021): Batimetrijska, psalmološka i morfološka karakterizacija prirodnih jezera. Mapa 2: Psalmološka karakterizacija (Snimanje jezera side-scan multi beam sonarom). Grubišno Polje.
- GEO-5 d.o.o. (2015): Elaborat sanitarne zaštite vodozahvata „Vransko jezero“ na otoku Cresu, Rovinj.
- GEO-5 d.o.o. (2022): Monitoring podzemnih voda Vranskog jezera, Grupa 2: Geološka i geofizička istraživanja. Rovinj.
- Geoid Beroš d.o.o. (2021): Tehničko izvješće br. 09-12/2021 za izvedene radove „Monitoring podzemnih voda Vranskog jezera – Izrada piezometara za monitoring podzemnih voda“. Varaždin.
- Geotest d.o.o. (2021): Batimetrijska, psalmološka i morfološka karakterizacija prirodnih jezera. Mapa 3: Psalmološka karakterizacija (Izvještaj o provedenim ispitivanjima uzoraka tla). Zagreb.
- Institut za geološka istraživanja (1998): Hidrogeološka istraživanja Vranskog jezera na otoku Cresu s prijedlogom zona sanitarne zaštite. Zagreb.
- Instituta za geološka istraživanja (2001): Hidrogeološka istraživanja Vranskog jezera na otoku Cresu u razdoblju 1998.-2000. God. Zagreb.
- JVP za slivno područje istarskih slivova i Hrvatska vodoprivreda (1991): Vransko jezero, Rezultati hidroloških istražnih radova I faza. Labin.
- Nastavni zavod za javno zdravstvo Rijeka (2014): Izvještaj o ispitivanju zajednice fitoplanktona i koncentracija mikrocistina u vodoopskrbnom sustavu Cres – Lošinj. Rijeka.
- NZZJZ PG županije (2019): Kvaliteta zraka na području primorsko-goranske županije. Objedinjeni izvještaj za razdoblje 01.01.-31.12.2019. Rijeka.
- Prirodoslovno matematički fakultet (2002): Nastanak i budućnost Vranskog jezera na Cresu – Morfogeneza, geokemija sedimenata, funkcioniranje, opterećenje i zaštita sustava. Preliminarni izvještaj prve faze istraživanja. Zagreb.
- Prirodoslovno matematički fakultet (2003): Nastanak i budućnost Vranskog jezera na Cresu – Morfogeneza, geokemija sedimenata, funkcioniranje, opterećenje i zaštita sustava. II faza istraživanja. Zagreb.
- UKV (2022): Upravljanje krškim vodonosnicima ugroženim klimatskim promjenama (UKV) (<https://www.ukv-projekt.eu/>)
- Vodoprivredno-projektni biro d.d. (2021): Batimetrijska, psalmološka i morfološka karakterizacija prirodnih jezera. Mapa 1 – Geodetski elaborat. Zagreb.

Web stranice:

<http://ark.mef.hr/znalac.htm>

<https://hrcak.srce.hr/>

<https://hidro.dhz.hr/>

www.meteo.hr

<https://preglednik.voda.hr/>

https://meteo.hr/podaci.php?section=podaci_vrijeme¶m=amp

https://meteo.hr/klima.php?section=klima_podaci¶m=k2_1

<https://vode.dev.evidente.hr/sites/default/files/2022->

[05/plan_monitoringa_stanja_voda_u_republici_hrvatskoj_u_2021_godini.pdf](https://vode.dev.evidente.hr/sites/default/files/2022-05/plan_monitoringa_stanja_voda_u_republici_hrvatskoj_u_2021_godini.pdf)