

Krški resursi: analiza i sustav

Komiža, 8. svibnja 2026.

Učenici: Kata Bago, Karla Štrljić, Lana Kujundžić, Marija Lasić, Josip Lasić, Ivan Karin, Petra Jerković i Zora Mendeš

Mentori: Marijana Vuković, prof., Mate Jonjić, prof.

Gimnazija dr. Mate Ujevića, Imotski

CILJ PROJEKTA



- istražiti osjetljivost otočnih vodonosnika na klimatske promjene, sezonske varijacije i antropogene utjecaje te educirati mlade o važnosti održivog gospodarenja vodnim resursima kroz praktično znanstveno istraživanje.
- povećati znanstvenu pismenost i ekološku svijest mladih o važnosti očuvanja i održivog upravljanja krškim, napose otočnim vodonosnicima kroz provedbu istraživačkog projekta koji će im omogućiti praktičan rad, analizu i interpretaciju podataka te suradnju s renomiranim stručnjacima.



Specifični ciljevi:

- Istražiti osjetljivost krških, napose otočnih vodonosnika na klimatske promjene i antropogene utjecaje kroz mjesečna mjerenja kakvoće vode na Visu, Biševu, Lošinju i Cresu te u Imotskoj krajini.
- Usporediti hidrogeološke karakteristike različitih krških vodnih sustava kako bi se bolje razumjela razlika između podzemnih i površinskih vodonosnika i njihova stabilnost u odnosu na okolišne uvjete.
- Osposobiti učenike za provođenje znanstvenih istraživanja kroz praktičan rad, analizu podataka i mentorstvo stručnjaka iz Hrvatskog geološkog instituta.
- Povezati učenike i institucije s više otoka i regija radi razmjene znanja, iskustava i podizanja svijesti o održivosti vodoopskrbe.
- Prezentirati rezultate istraživanja lokalnoj zajednici i stručnjacima te istaknuti ranjivost krških, a napose otočnih vodnih resursa na klimatske i ljudske faktore.



SADRŽAJ

REZULTATI ANALIZE VODE



1.
FOSFATI

2.
CO₂

3.
OTOPLJENI
KISIK

4.
ACIDITET

5.
ALKALITET

6.
TVRDOĆA

7.
pH
TEMPERATURA
EC

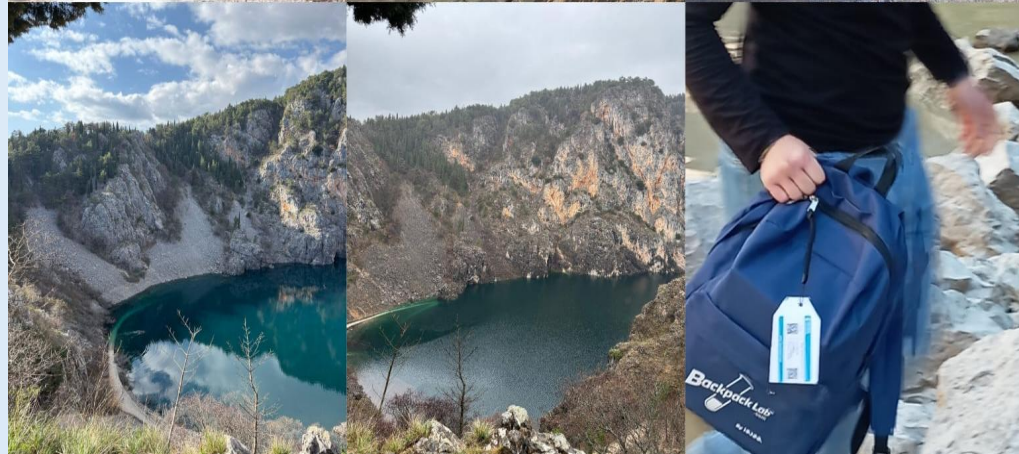
LOKACIJE

1. Modro jezero
2. Zeleno jezero
3. Prološko blato
4. Opačac / Zelena katedrala
5. Brana - Zmijavci

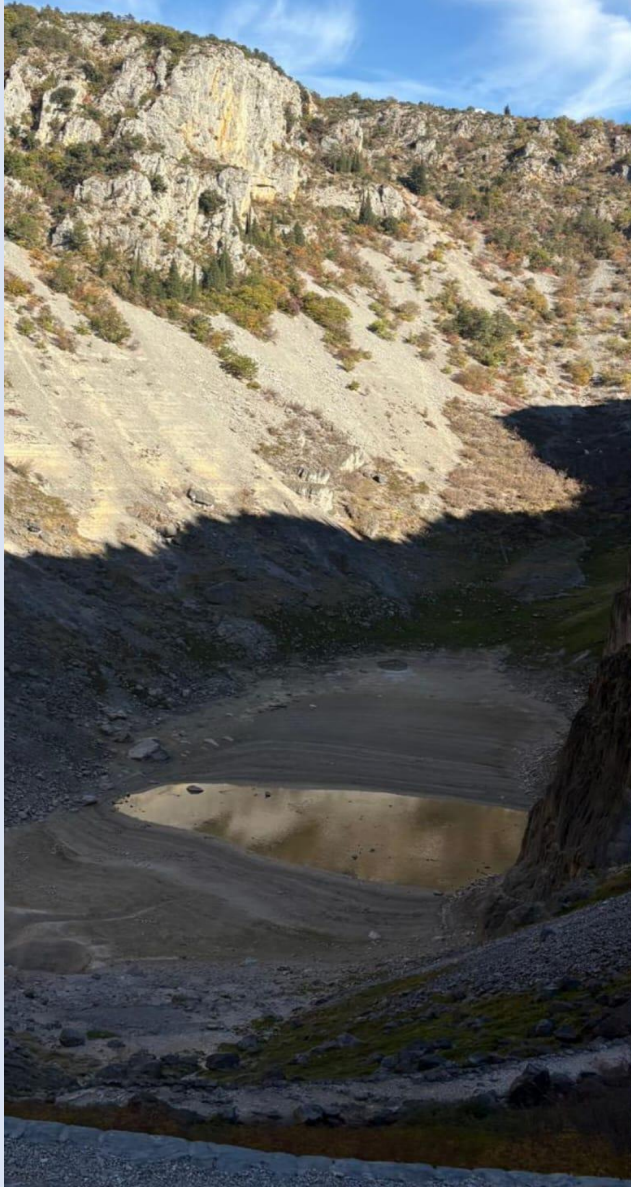


VRIJEME UZORKOVANJA

11.11.2025.



11.11.2025.



16.11.2025.



VRIJEME UZORKOVANJA



11.12.2025.

VRIJEME UZORKOVANJA

11.01.2026.



VRIJEME UZORKOVANJA

11.02.2026.





VRIJEME UZORKOVANJA

11.03.2026.

VRIJEME UZORKOVANJA

11.04.2026.



MJERENJA TEMPERATURE, ELEKTRIČNE VODLJIVOSTI I pH



REZULTATI TEMPERATURE, ELEKTRIČNE VODLJIVOSTI I pH

11. studenog 2025.	
Lokacija	Temperatura vode (°C)
Modro jezero	11.2
Ričice	8.2
Prološko blato	12.1
Opačac	10.7
Brana(Zmijavci)	12.1

11. studenog 2025.	
Lokacija	pH-vrijednost
Modro jezero	7.82
Ričice	8.42
Prološko blato	7.69
Opačac	7.42
Brana(Zmijavci)	7.5

11. studenog 2025.	
Lokacija	Električna vodljivost(μS)
Modro jezero	465
Ričice	356
Prološko blato	465
Opačac	218
Brana(Zmijavci)	230

REZULTATI TEMPERATURE, ELEKTRIČNE VODLJIVOSTI I pH

11. prosinca 2025.

Lokacija	Temperatura vode (°C)
Modro jezero	10.8
Ričice	6.8
Prološko blato	10
Opačac	10.8
Brana (Zmijavci)	12.4

11. prosinca 2025.

Lokacija	pH-vrijednost
Modro jezero	7.82
Ričice	8.42
Prološko blato	7.62
Opačac	7.37
Brana (Zmijavci)	7.44

11. prosinca 2025.

Lokacija	Električna vodljivost (μS)
Modro jezero	439
Ričice	356
Prološko blato	465
Opačac	218
Brana (Zmijavci)	232

REZULTATI TEMPERATURE, ELEKTRIČNE VODLJIVOSTI I pH

11. siječnja 2026.

Lokacija	Temperatura vode (°C)
Modro jezero	9.2
Ričice	4.3
Prološko blato	12.4
Opačac	10.2
Brana (Zmijavci)	10.9

11. siječnja 2026.

Lokacija	pH-vrijednost
Modro jezero	7.95
Ričice	8.10
Prološko blato	7.62
Opačac	7.37
Brana (Zmijavci)	7.52

11. siječnja 2026.

Lokacija	Električna vodljivost (μS)
Modro jezero	388
Ričice	340
Prološko blato	496
Opačac	428
Brana (Zmijavci)	431

REZULTATI TEMPERATURE, ELEKTRIČNE VODLJIVOSTI I pH

11. veljače 2026.

Lokacija	Temperatura vode (°C)
Modro jezero	10.5
Ričice	8.5
Prološko blato	13
Opačac	11
Brana(Zmijavci)	11.3

11. veljače 2026.

Lokacija	pH-vrijednost
Modro jezero	8.14
Ričice	8.31
Prološko blato	7.71
Opačac	7.5
Brana(Zmijavci)	7.62

11. veljače 2026.

Lokacija	Električna vodljivost(μS)
Modro jezero	401
Ričice	350
Prološko blato	392
Opačac	210
Brana(Zmijavci)	420

REZULTATI TEMPERATURE, ELEKTRIČNE VODLJIVOSTI I pH

11. ožujka 2026.

Lokacija	Temperatura vode (°C)
Modro jezero	12.7
Ričice	10.8
Prološko blato	16.2
Opačac	11.7
Brana(Zmijavci)	12.5

11. ožujka 2026.

Lokacija	pH-vrijednost
Modro jezero	8.47
Ričice	8.14
Prološko blato	7.85
Opačac	7.62
Brana(Zmijavci)	7.86

11. Ožujka 2026.

Lokacija	Električna vodljivost(μS)
Modro jezero	422
Ričice	372
Prološko blato	398
Opačac	426
Brana(Zmijavci)	424

REZULTATI TEMPERATURE, ELEKTRIČNE VODLJIVOSTI I pH

11. travnja 2026.

Lokacija	Temperatura vode (°C)
Modro jezero	12.2
Ričice	13.2
Prološko blato	15.4
Opačac	11.5
Brana(Zmijavci)	13

11. travnja 2026.

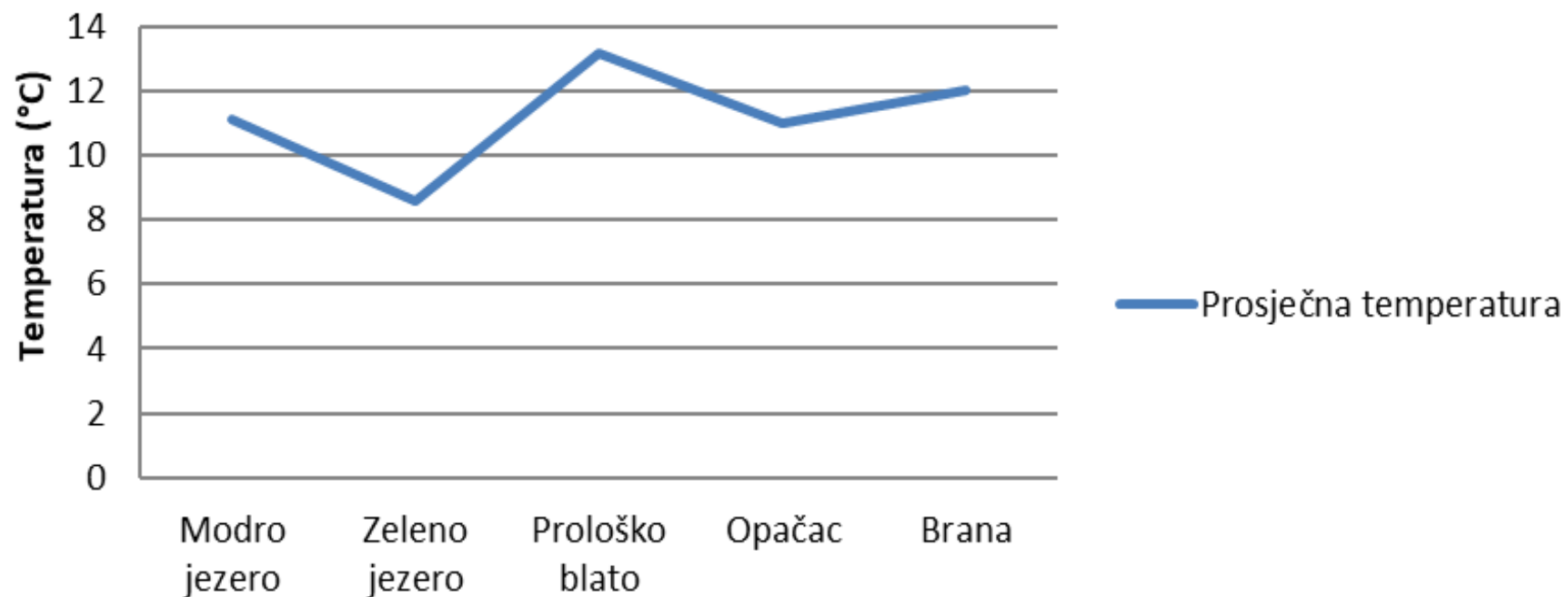
Lokacija	pH-vrijednost
Modro jezero	8.42
Ričice	8.45
Prološko blato	8.36
Opačac	7.64
Brana(Zmijavci)	7.88

11. travnja 2026.

Lokacija	Električna vodljivost(μS)
Modro jezero	416
Ričice	376
Prološko blato	356
Opačac	424
Brana(Zmijavci)	420

PROSJEČNA TEMPERATURA VODE

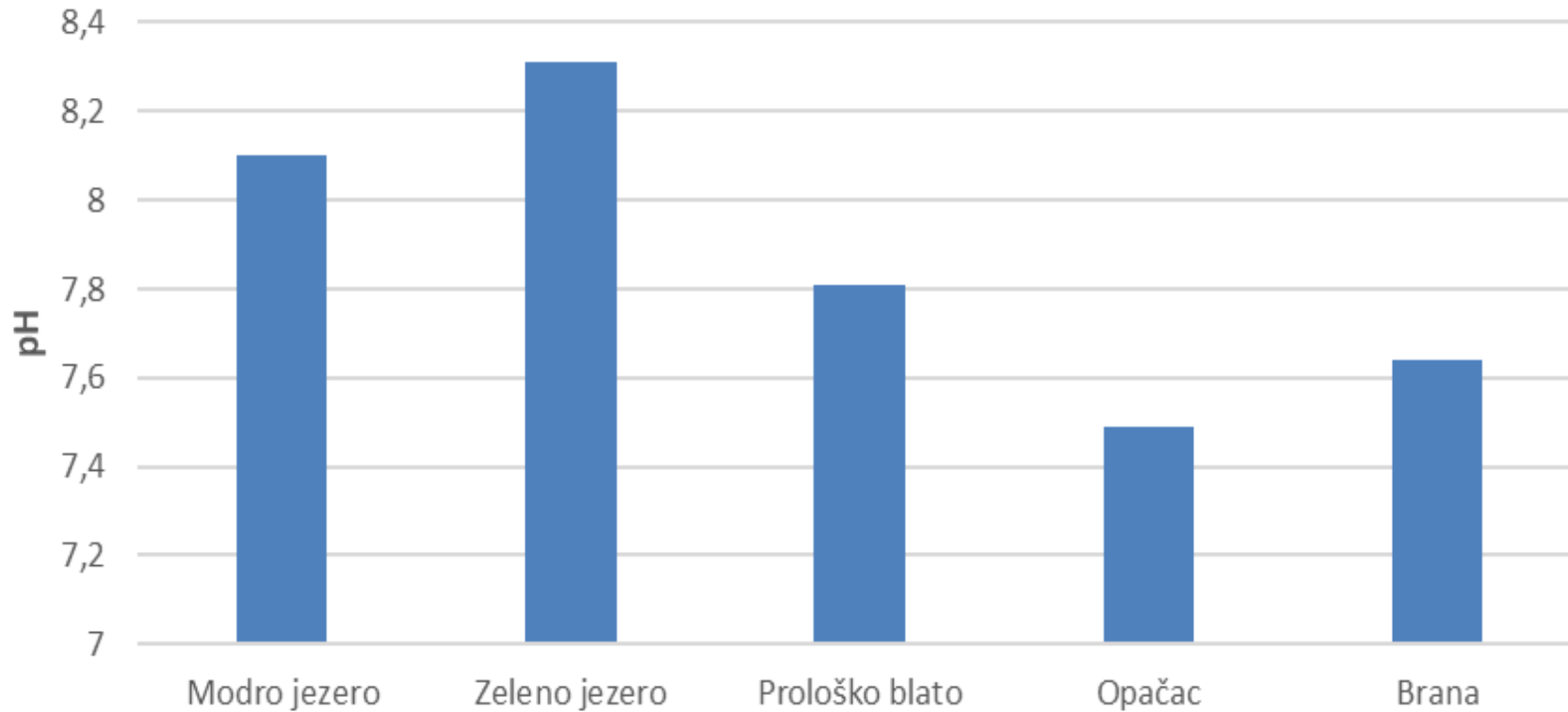
Prosječna temperatura vode (°C) po lokacijama



Lokacija	Prosječna temperatura vode (°C)
Modro jezero	11.1
Ričice	8.6
Prološko blato	13.2
Opačac	11
Brana (Zmijavci)	12

PROSJEČNA VRIJEDNOST pH

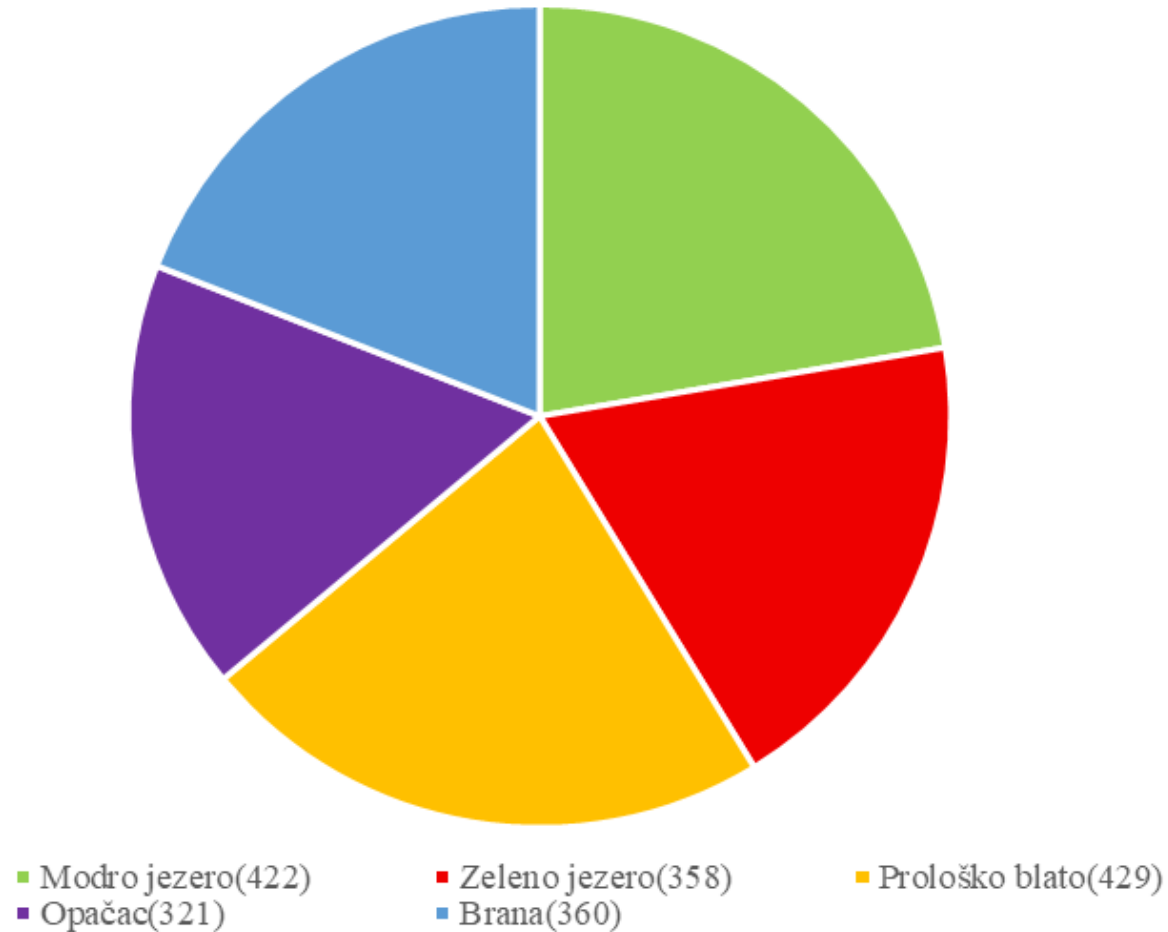
Prosječni pH po lokacijama



Lokacija	Prosječna pH-vrijednost
Modro jezero	8.1
Ričice	8.31
Prološko blato	7.81
Opačac	7.49
Brana (Zmijavci)	7.64

PROSJEČNA VRIJEDNOST ELEKTRIČNE VODLJIVOSTI

Prosječna vodljivost(μS)



Lokacija	Prosječna električna vodljivost(μS)
Modro jezero	422
Ričice	358
Prološko blato	429
Opačac	321
Brana(Zmijavci)	360

ZAKLJUČAK

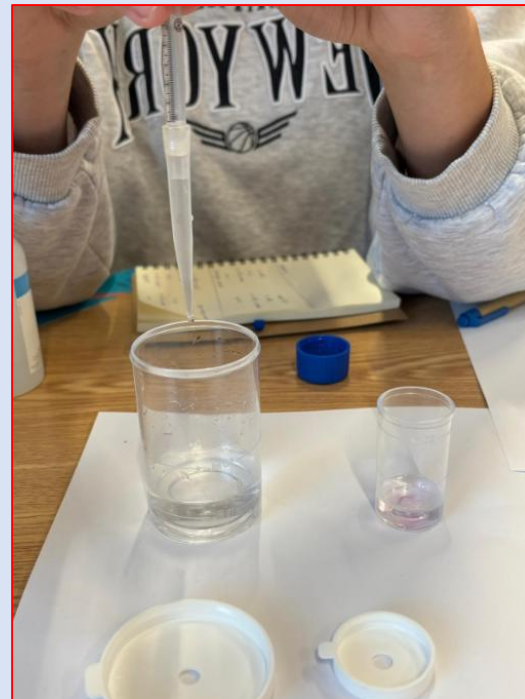
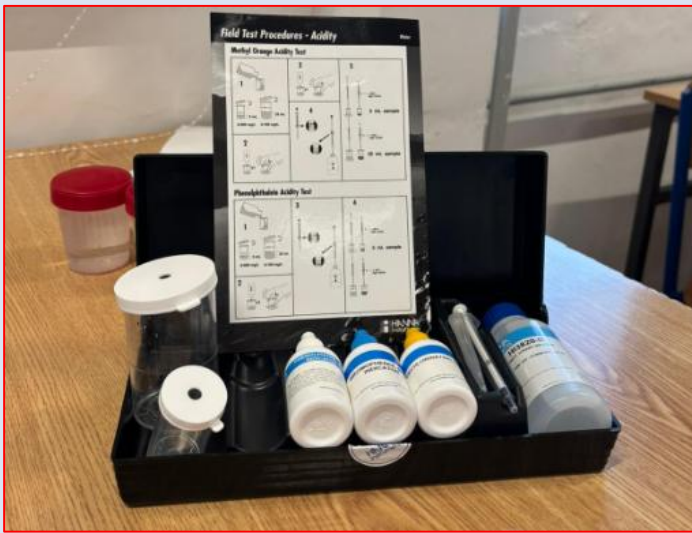


- Rastom temperature vode raste i pH vrijednost
- Porastom temperature vode očekuje se i porast električne vodljivosti.
- 200–800 $\mu\text{S}/\text{cm}$: tipično za krške podzemne vode

MJERENJE ACIDITETA

Metoda: Titracija bazom (NaOH) uz indikatore fenoftalein i bromfenol plavo.

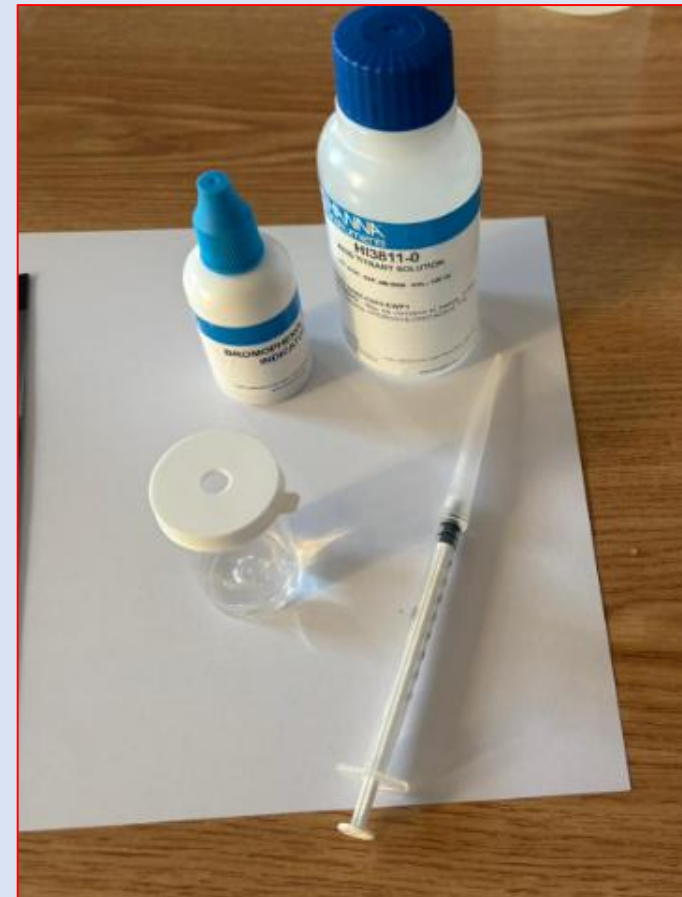
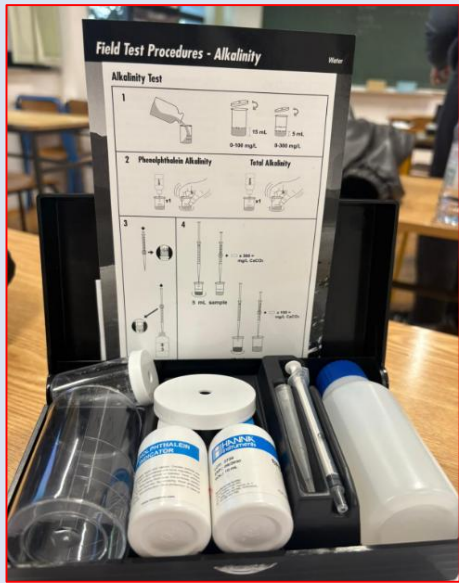
Aciditet – sposobnost uzorka da neutralizira bazu.



MJERENJE ALKALITETA

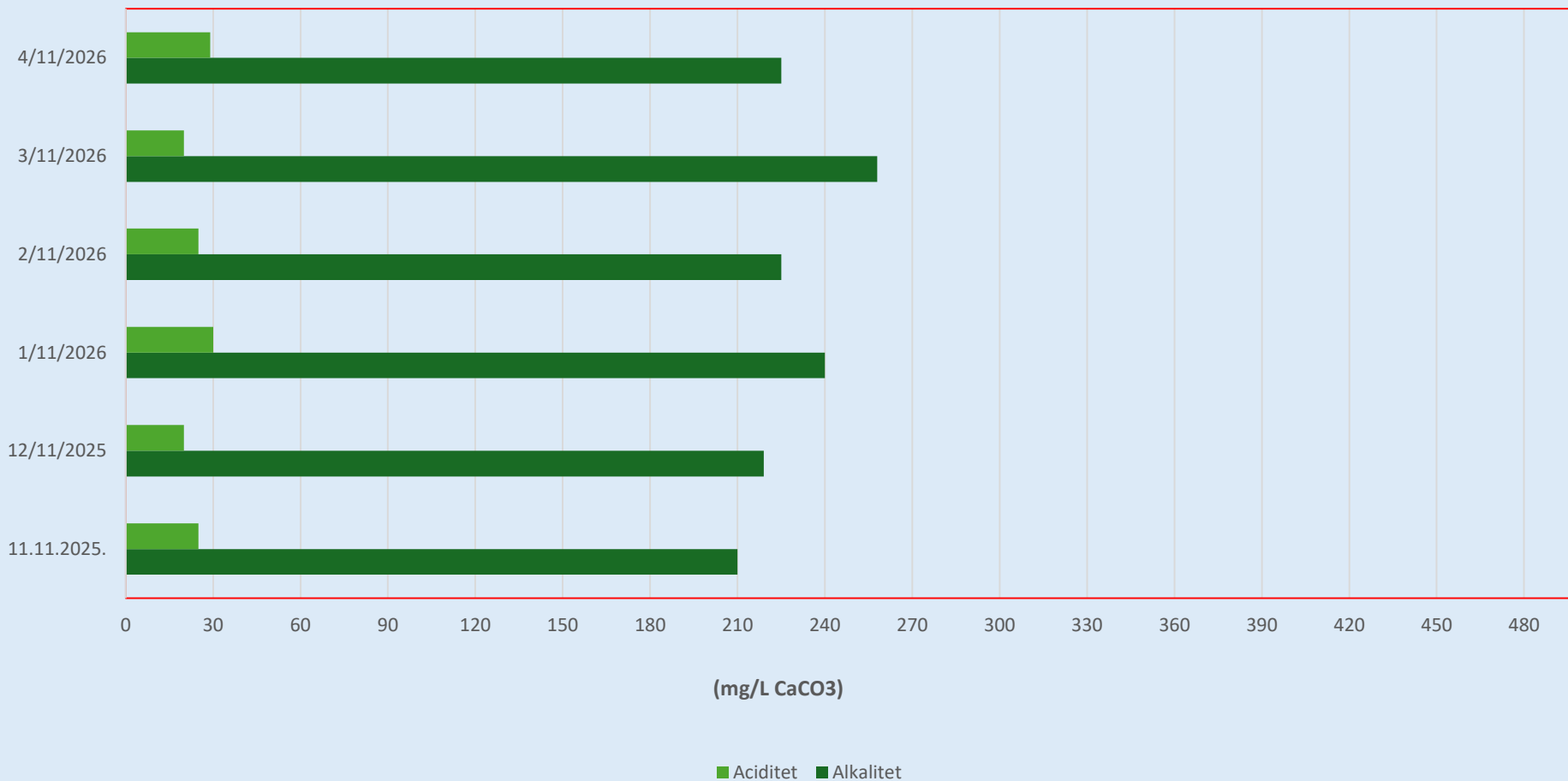
Metoda: Titracija kiselinom (HCl) uz indikatore fenoftalein i bromfenol plavo.

Alkalitet – sposobnost uzorka da neutralizira kiselinu.



REZULTATI – ALKALITET I ACIDITET, Modro jezero

Alkalitet i aciditet kroz vrijeme _ Modro jezero



ACIDITET

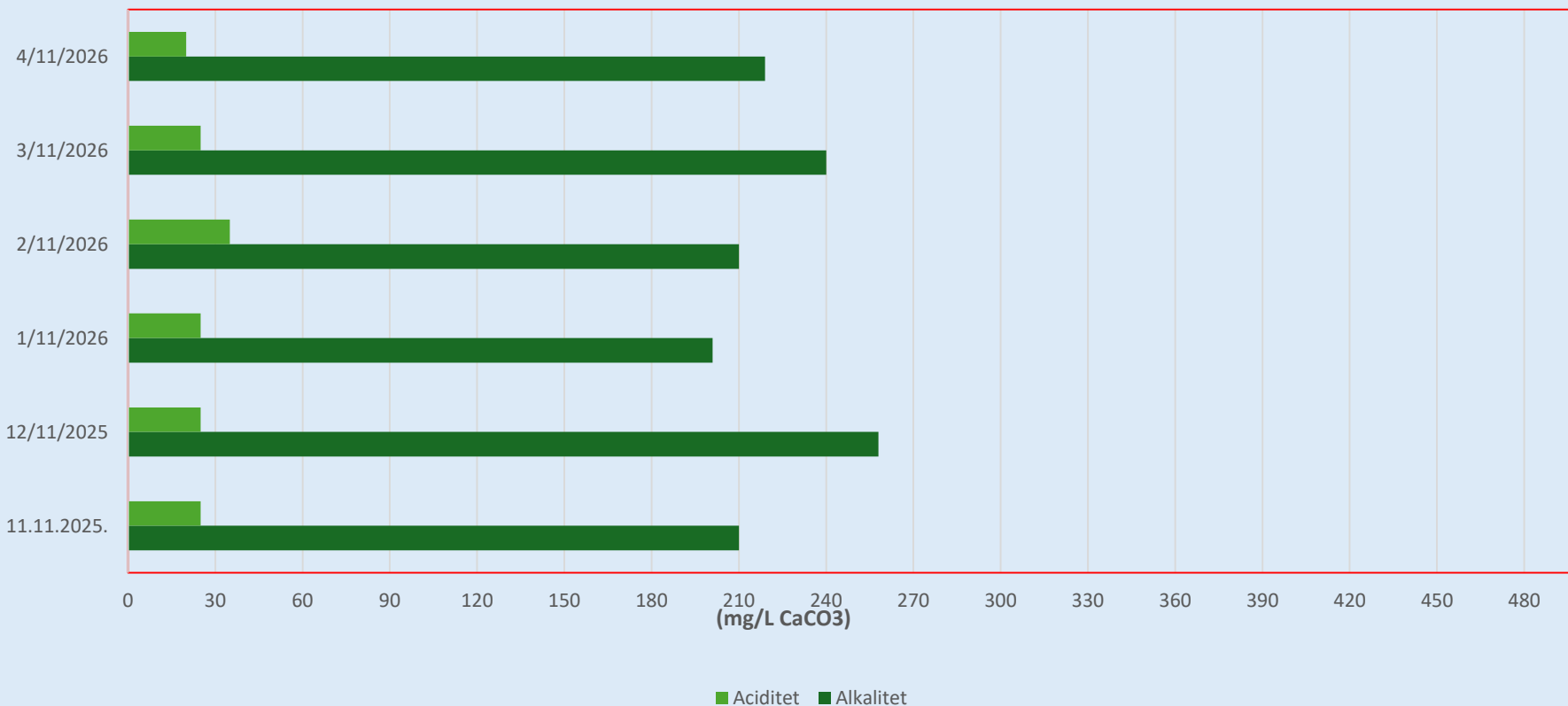
Datum	Vrijednosti
11.11	25 mg/L
11.12	20 mg/L
11.1.	30 mg/L
11.2.	25 mg/L
11.3.	20 mg/L
11.4.	29 mg/L

ALKALITET

Datum	Vrijednosti
11.11	210 mg/L
11.12	219 mg/L
11.1.	240 mg/L
11.2.	225 mg/L
11.3	258 mg/L
11.4	225 mg/L

REZULTATI – ALKALITET I ACIDITET, Prološko blato

Alkalitet i aciditet kroz vrijeme _ Prološko blato



ACIDITET

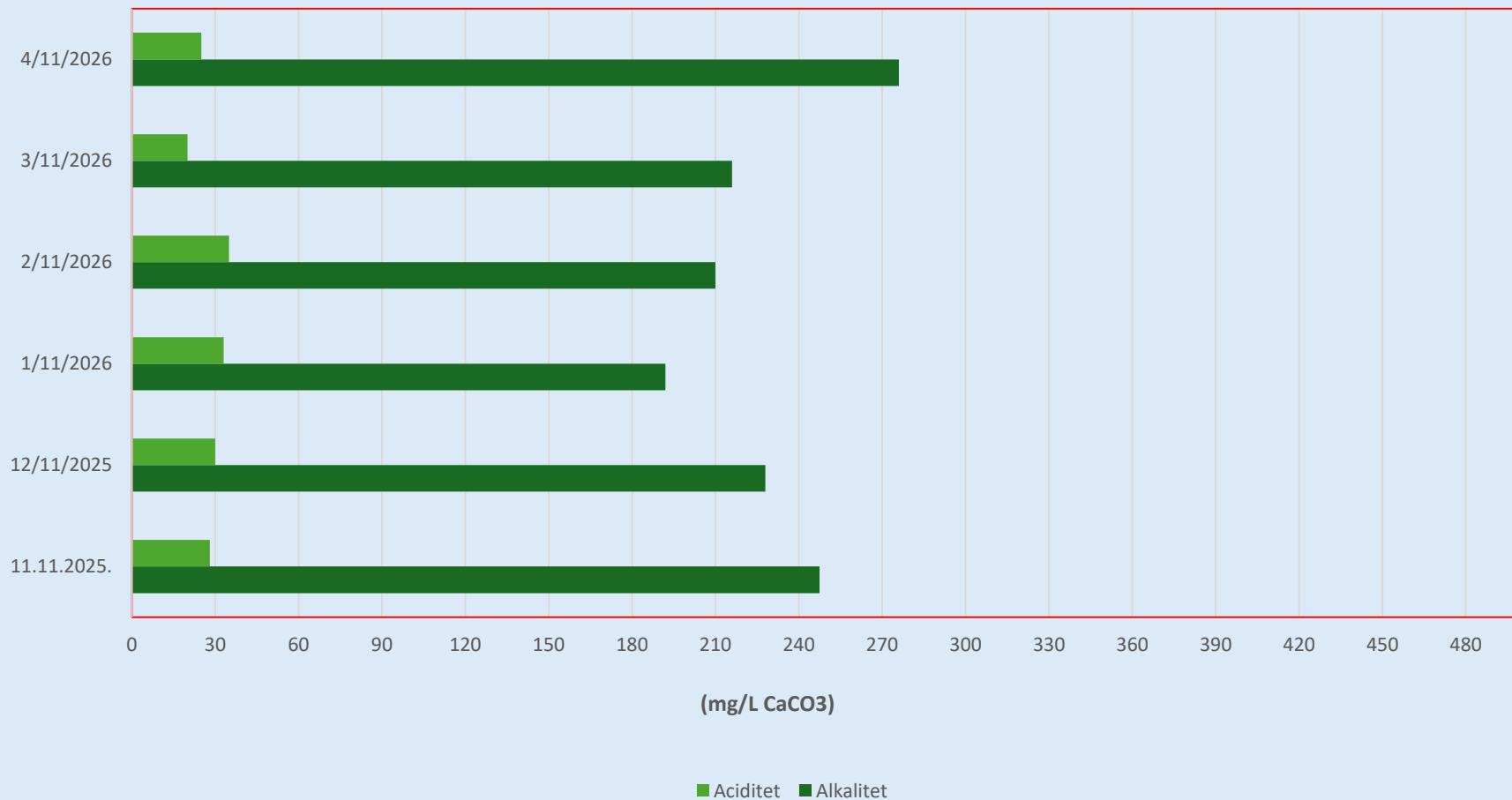
Datum	Vrijednosti
11.11.	25 mg/L
11.12.	25 mg/L
11.1.	25 mg/L
11.2	35 mg/L
11.3.	25 mg/L
11.4.	20 mg/L

ALKALITET

Datum	Vrijednosti
11.11.	210 mg/L
11.12.	258 mg/L
11.1.	201 mg/L
11.2	210 mg/L
11.3.	240 mg/L
11.4.	219 mg/L

REZULTATI – ALKALITET I ACIDITET, Opačac

Alkalitet i aciditet kroz vrijeme _Opačac



ACIDITET

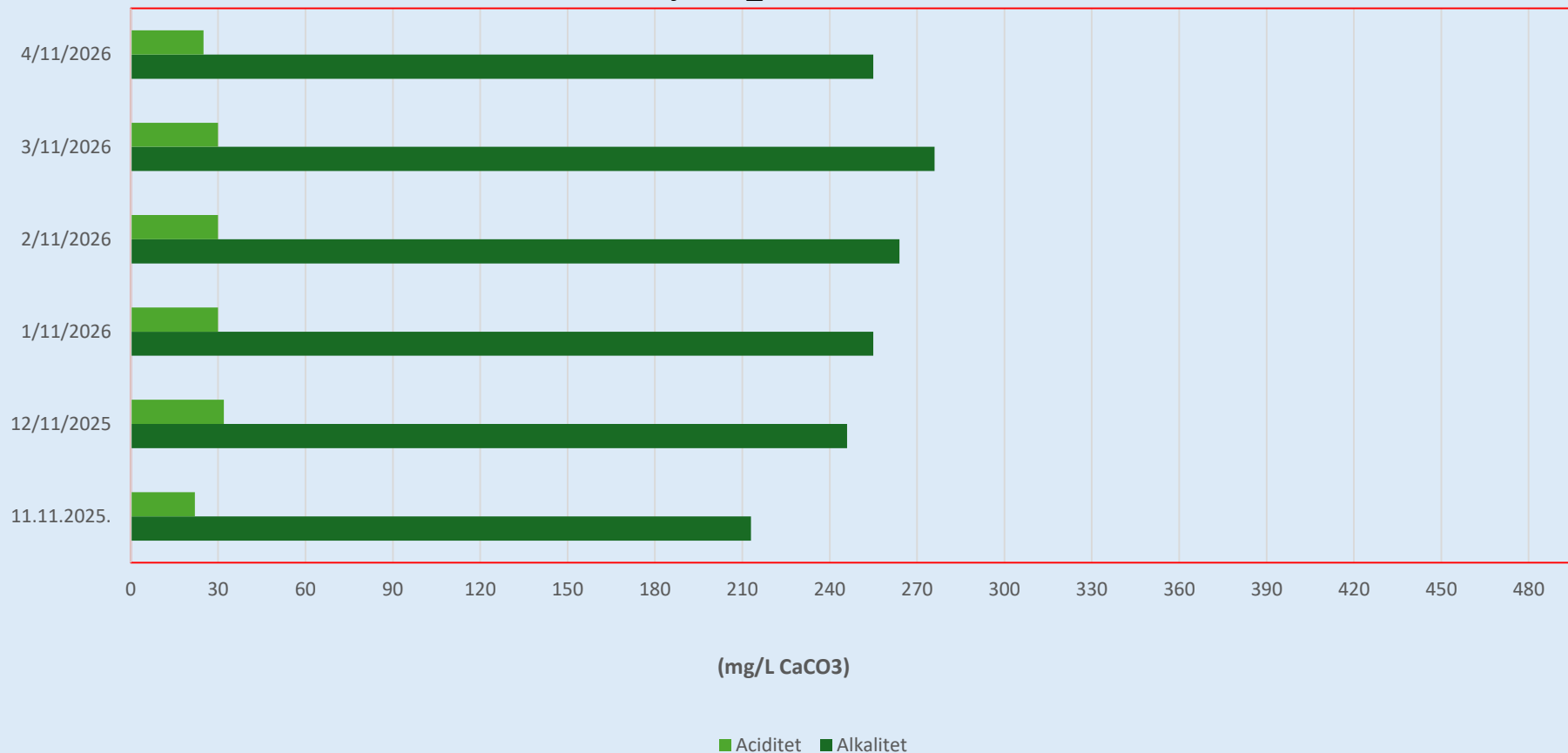
Datum	Vrijednosti
11.11.	28 mg/L
11.12.	30 mg/L
11.1.	33 mg/L
11.2	35 mg/L
11.3.	20 mg/L
11.4.	25 mg/L

ALKALITET

Datum	Vrijednosti
11.11.	247.5 mg/L
11.12.	228 mg/L
11.1.	192 mg/L
11.2	210 mg/L
11.3.	216 mg/L
11.4.	276 mg/L

REZULTATI - ALKALITET I ACIDITET, Brana Zmijavci

Alkalitet i aciditet kroz vrijeme _Brana



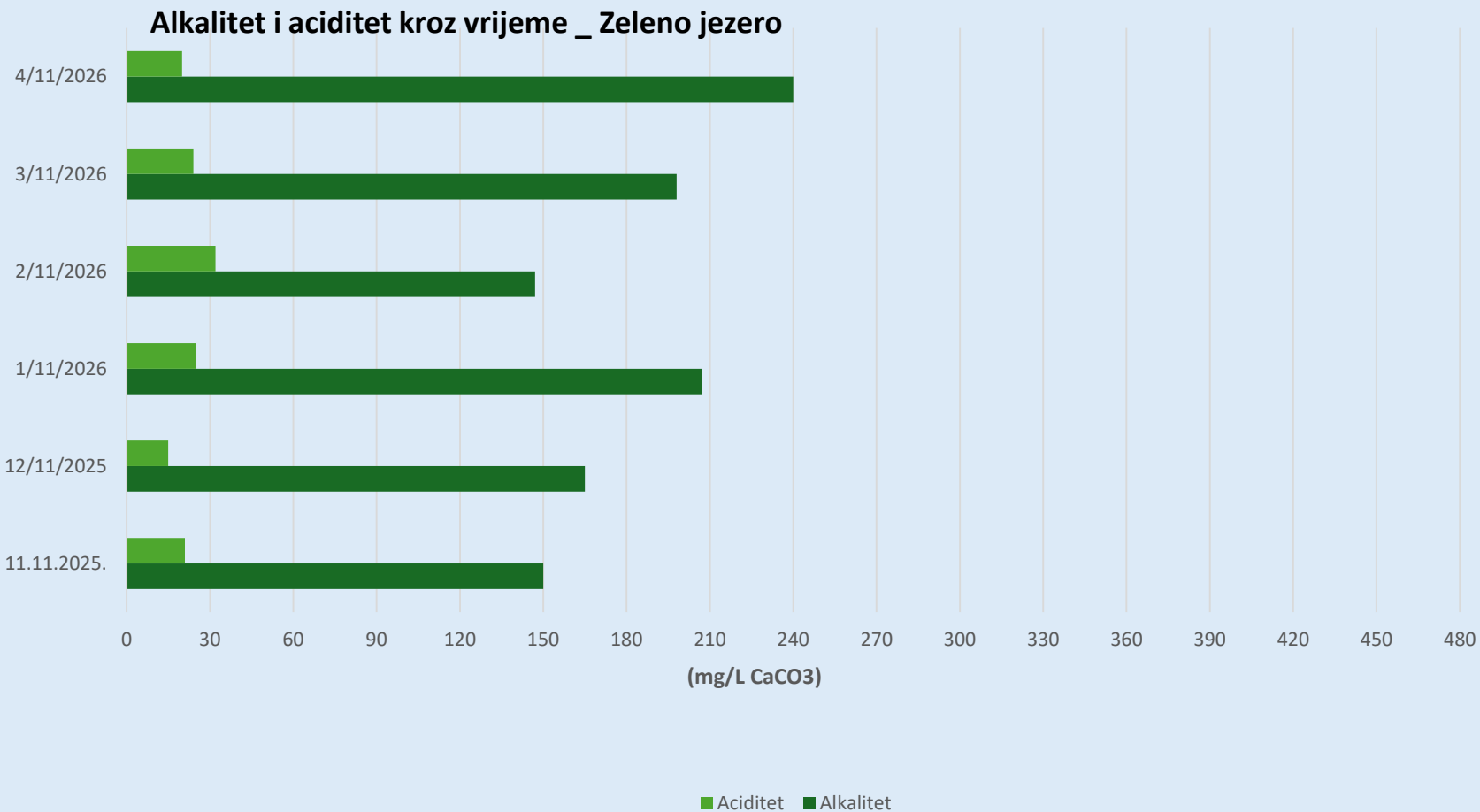
ACIDITET

Datum	Vrijednosti
11.11.	22 mg/L
11.12.	32 mg/L
11.1.	30 mg/L
11.2	30 mg/L
11.3.	30 mg/L
11.4.	25 mg/L

ALKALITET

Datum	Vrijednosti
11.11.	213 mg/L
11.12.	246 mg/L
11.1.	255 mg/L
11.2	264 mg/L
11.3.	276 mg/L
11.4.	255 mg/L

REZULTATI - ALKALITET I ACIDITET, Zeleno jezero



ACIDITET

Datum	Vrijednosti
-------	-------------

11.11.	21 mg/L
--------	---------

11.12.	15 mg/L
--------	---------

11.1.	25 mg/L
-------	---------

11.2	32 mg/L
------	---------

11.3.	24 mg/L
-------	---------

11.4.	20 mg/L
-------	---------

ALKALITET

Datum	Vrijednosti
-------	-------------

11.11.	150 mg/L
--------	----------

11.12.	165 mg/L
--------	----------

11.1.	207 mg/L
-------	----------

11.2	147 mg/L
------	----------

11.3.	198 mg/L
-------	----------

11.4.	240 mg/L
-------	----------

ZAKLJUČAK



ACIDITET - VISOKE vrijednosti , >20 mg/L

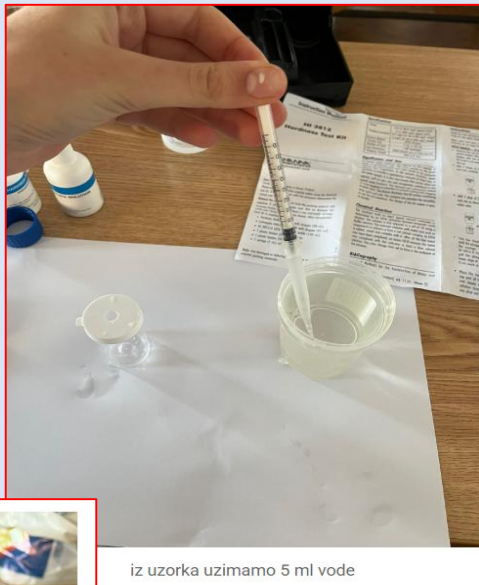
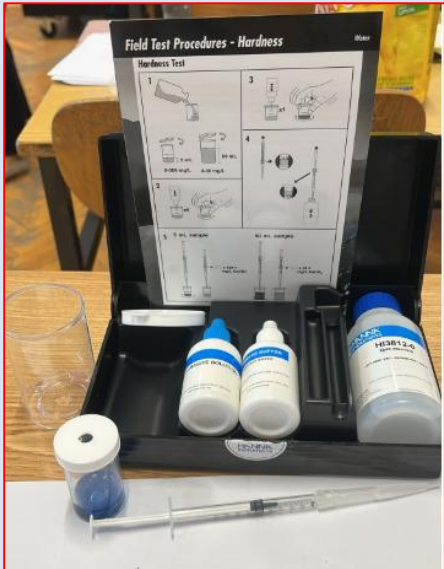
- voda je značajno kisela
- puno otopljenog CO₂ ili organskih kiselina (huminske kiseline)
- mogući antropogeni utjecaji: ispusti, gnojiva ili erozija tla bogatog organskim materijalom
- pH je vrlo vjerojatno snižen

ALKALITET – visok, 100–300 mg/L CaCO₃

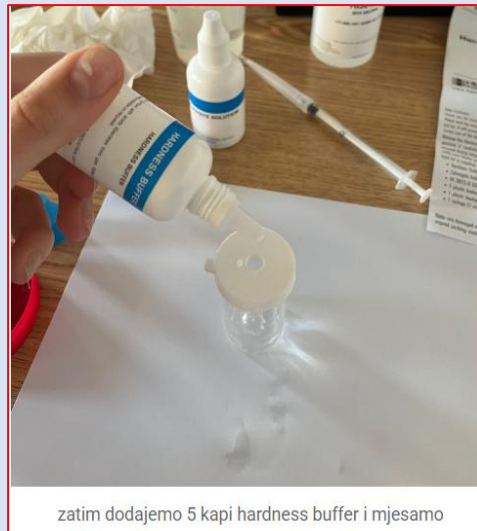
- jaka pufernost
- tipično za vapnenačku podlogu.
- „puferira“ pH — u krškim sustavima alkalitet je obično visok i održava pH stabilnim.

Tip vode	Uobičajeni raspon	Napomena
Jezero	50–200 mg/L	Stabilizira pH.
Rijeka	50–250 mg/L	Ovisi o karbonatima.

MJERENJE TVRDOĆE VODE



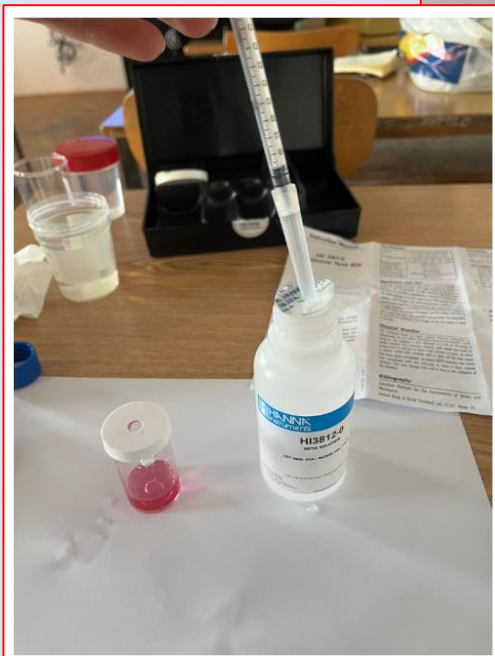
iz uzorka uzimamo 5 ml vode



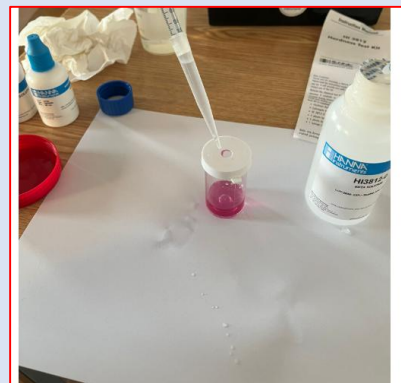
zatim dodajemo 5 kapi hardness buffer i mjesamo



potom 1 kap calmagite solution i mjesamo



nakon toga uzimamo 10 mg edta solutin



dodajemo kap po kap dok otopina ne postane ljubicasta



Metoda: EDTA titracija

Indikator (Calmagite) mijenja boju iz crvene u plavu na kraju titracije.

REZULTATI TVRDOĆE VODE

11.11.2025.

Lokacija	Tvrdoća (mg/L)	Interpretacija
Modro jezero	150	Tvrda
Ričice	120	Tvrda
Prološko blato	141	Tvrda
Opačac	207	Vrlo tvrda
Brana(Zmijavci)	159	Tvrda

11.12.2025.

Lokacija	Tvrdoća (mg/L)	Interpretacija
Modro jezero	144	tvrda
Ričice	153	Tvrda
Prološko blato	141	Tvrda
Opačac	165	Tvrda
Brana(Zmijavci)	183	Vrlo tvrda

11.01.2026.

Lokacija	Tvrdoća (mg/L)	Interpretacija
Modro jezero	165	Tvrda
Ričice	120	Tvrda
Prološko blato	138	Tvrda
Opačac	156	Tvrda
Brana (Zmijavci)	234	Vrlo tvrda

11.02.2026.

Lokacija	Tvrdoća (mg/L)	Interpretacija
Modro jezero	132	Tvrda
Ričice	189	Tvrda
Prološko blato	156	Tvrda
Opačac	180	Vrlo tvrda
Brana (Zmijavci)	174	Tvrda

11.03.2026.

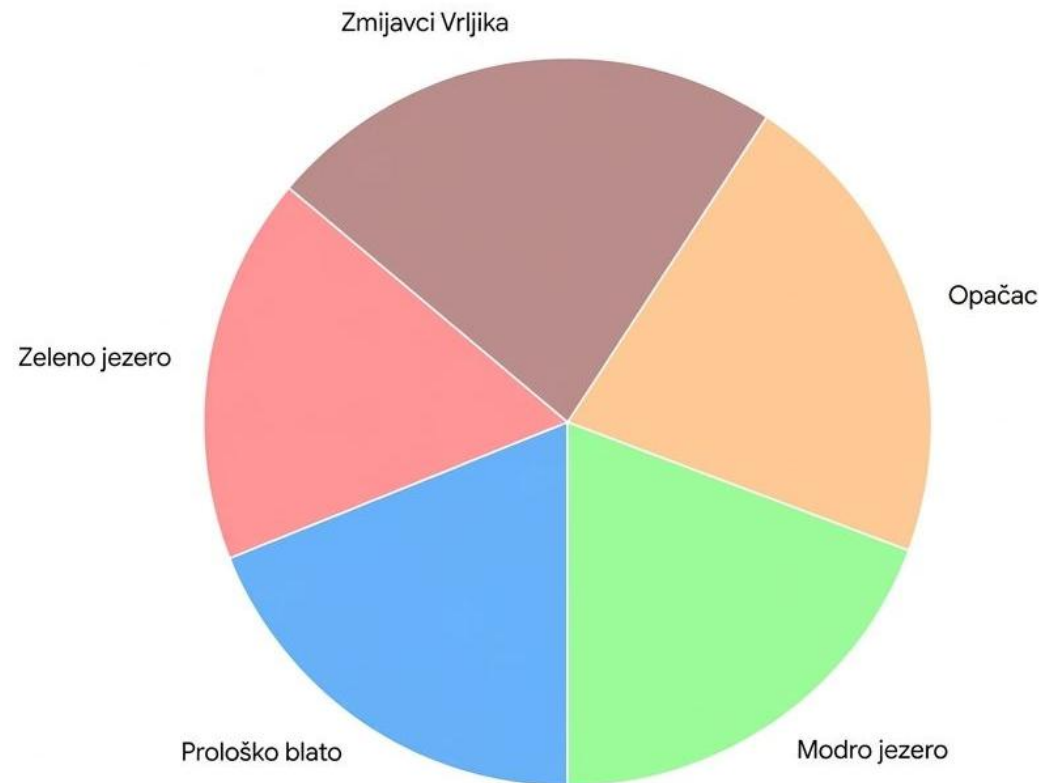
Lokacija	Tvrdoća (mg/L)	Interpretacija
Modro jezero	162	Tvrda
Ričice	138	Tvrda
Prološko blato	129	Tvrda
Opačac	162	Tvrda
Brana(Zmijavci)	183	Vrlo tvrda

11.04.2026.

Lokacija	Tvrdoća (mg/L)	Interpretacija
Modro jezero	204	Vrlo tvrda
Ričice	165	Tvrda
Prološko blato	216	Vrlo tvrda
Opačac	186	Vrlo tvrda
Brana(Zmijavci)	207	Vrlo tvrda

PROSJEČNE VRIJEDNOSTI TVRDOĆE VODE

Prosječna tvrdoća vode (mg/l) po lokacijama
(Studeni 2025. - Travanj 2026.)



Podatci (Postotci)

Zeleno jezero: 17.2%	Modro jezero: 19.3%	Zmijavci Vrljika: 23.1%
Prološko blato: 18.9%	Opačac: 21.5%	

ZAKLJUČAK



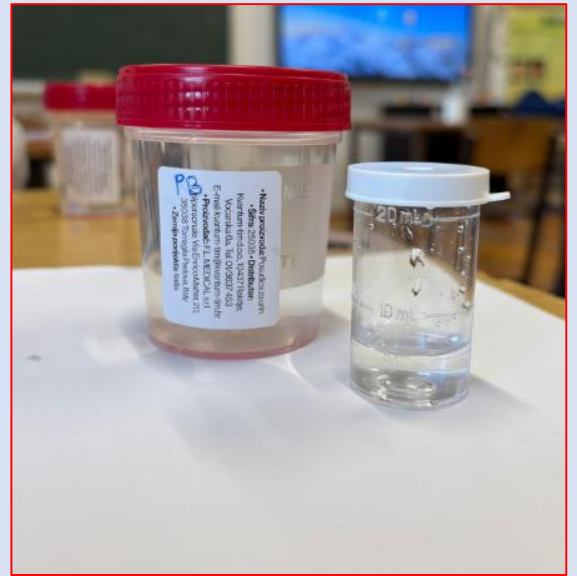
Tip vode	Uobičajeni raspon	Napomena
Jezero	40–120 mg/L CaCO ₃	Umjereno tvrda.
Rijeka	40–180 mg/L CaCO ₃	Ovisno o protoku i podlozi.

- 120–180 = tvrda;
- >180 = vrlo tvrda.
- Krška voda je obično umjereno do vrlo tvrda zbog Ca/Mg otapanja iz vapnenca.

MJERENJE OTOPLJENOG CO₂

Metoda: Titracija bazom (NaOH) uz fenoftaleinski indikator.

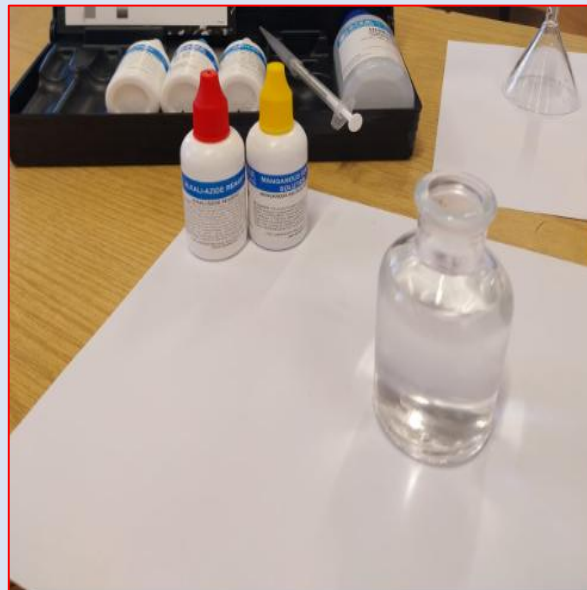
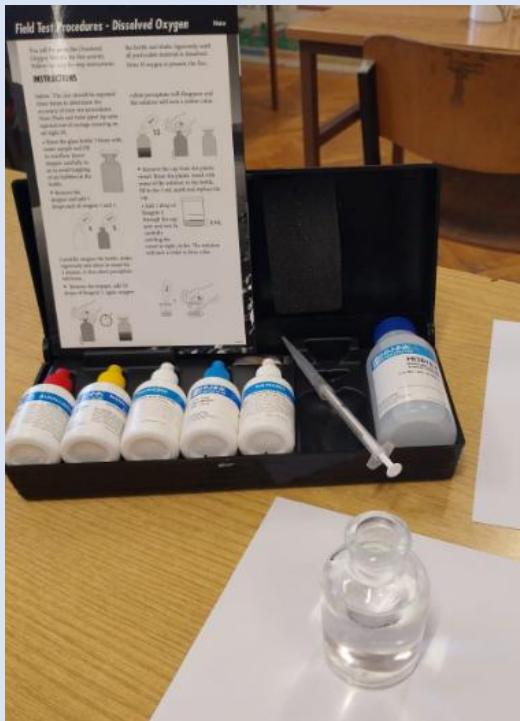
CO₂ u vodi (uglična kiselina) neutralizira NaOH stvarajući natrijev bikarbonat.



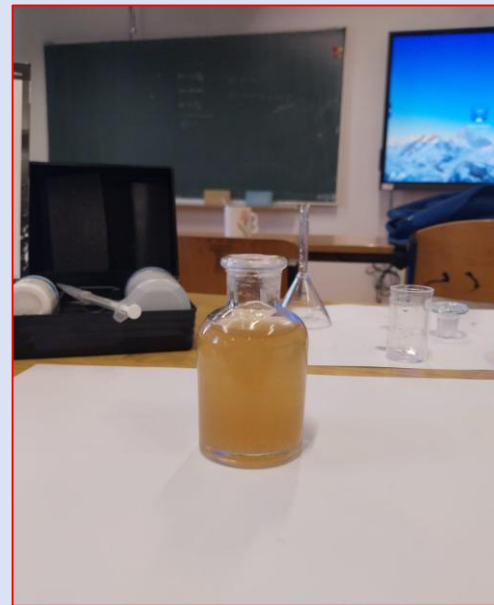
MJERENJE OTOPLJENOG O₂

Metoda: Azidna modifikacija Winklerove titracije.

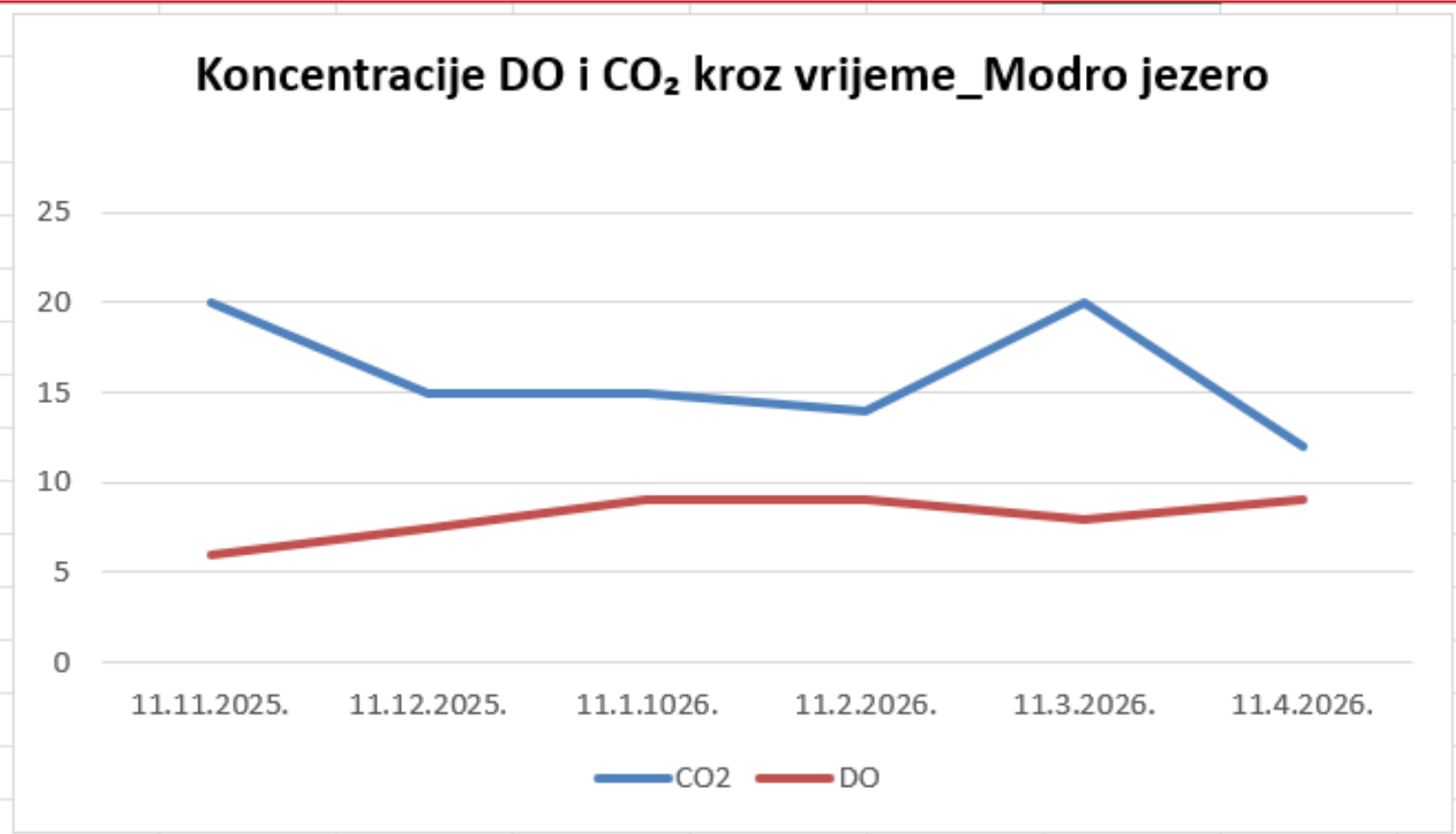
.....



pet kapi alkal azide reagent i 5 kapi managovog sulfata



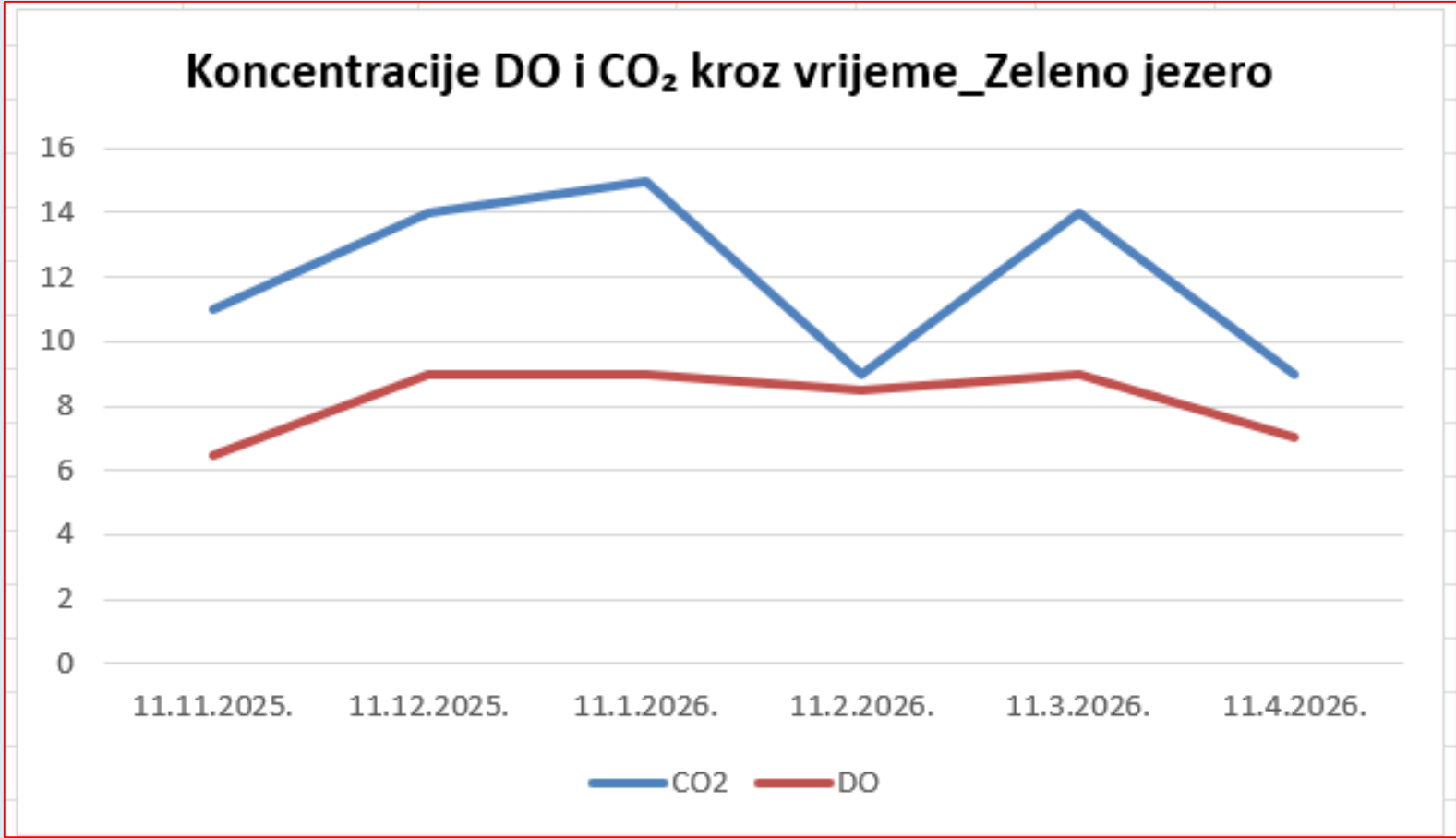
REZULTATI MJERENJA, Modro jezero



Datum	O ₂ (mg/l)
11.11.	6
11.12.	7,5
11.1.	9
11.2.	9
11.3.	8
11.4.	9

Datum	CO ₂ (mg/l)
11.11.	20
11.12.	15
11.1.	15
11.2.	14
11.3.	20
11.4.	12

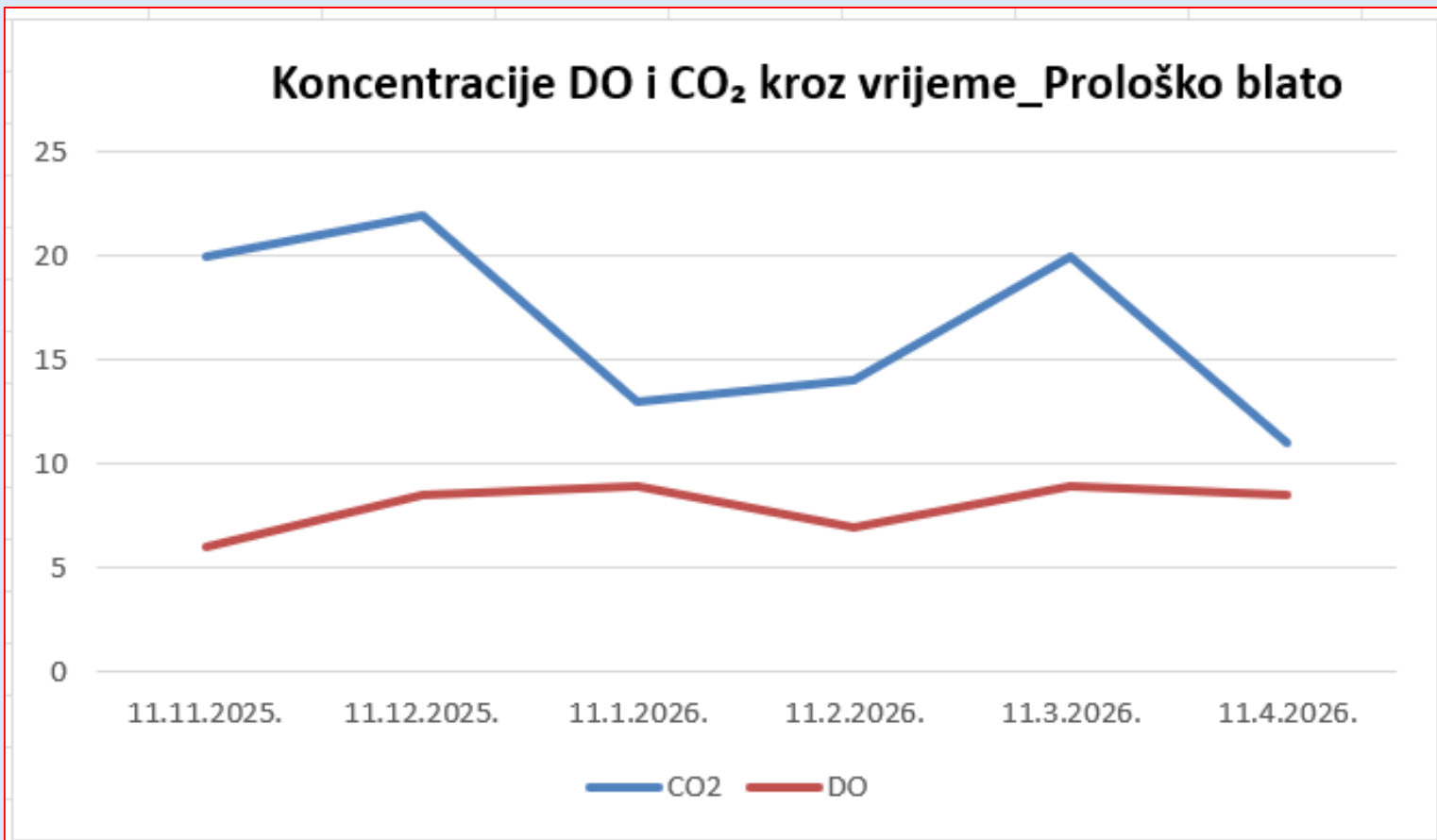
REZULTATI MJERENJA, Zeleno jezero



Datum	O ₂ (mg/l)
11.11.	6,5
11.12.	9
11.1.	9
11.2.	8,5
11.3.	9
11.4.	7

Datum	CO ₂ (mg/l)
11.11.	11
11.12.	14
11.1.	15
11.2.	9
11.3.	14
11.4.	9

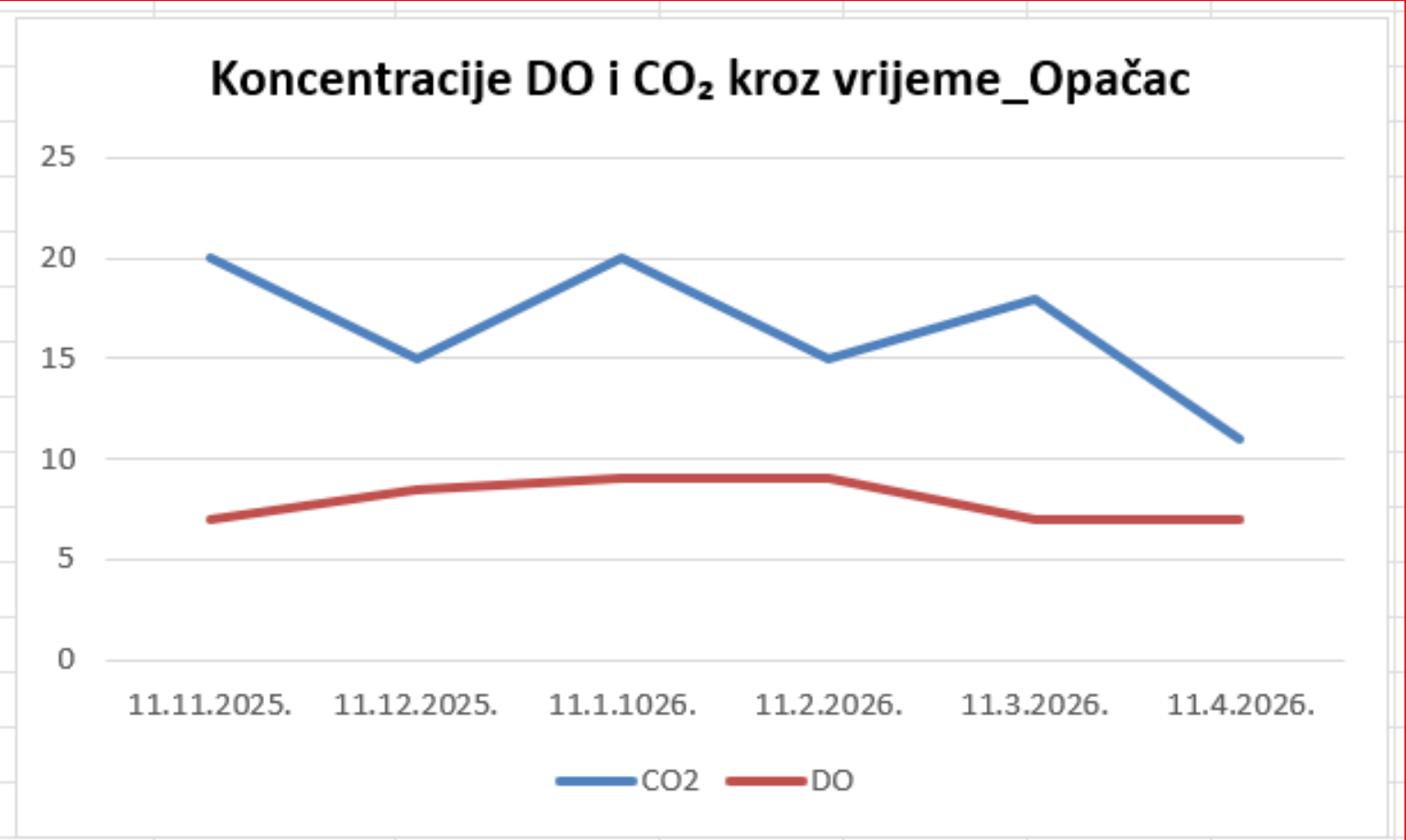
REZULTATI MJERENJA, Prološko blato



Datum	O ₂ (mg/l)
11.11.	6
11.12.	8,5
11.1.	9
11.2.	7
11.3.	9
11.4.	8,5

Datum	CO ₂ (mg/l)
11.11.	20
11.12.	22
11.1.	13
11.2.	14
11.3.	20
11.4.	11

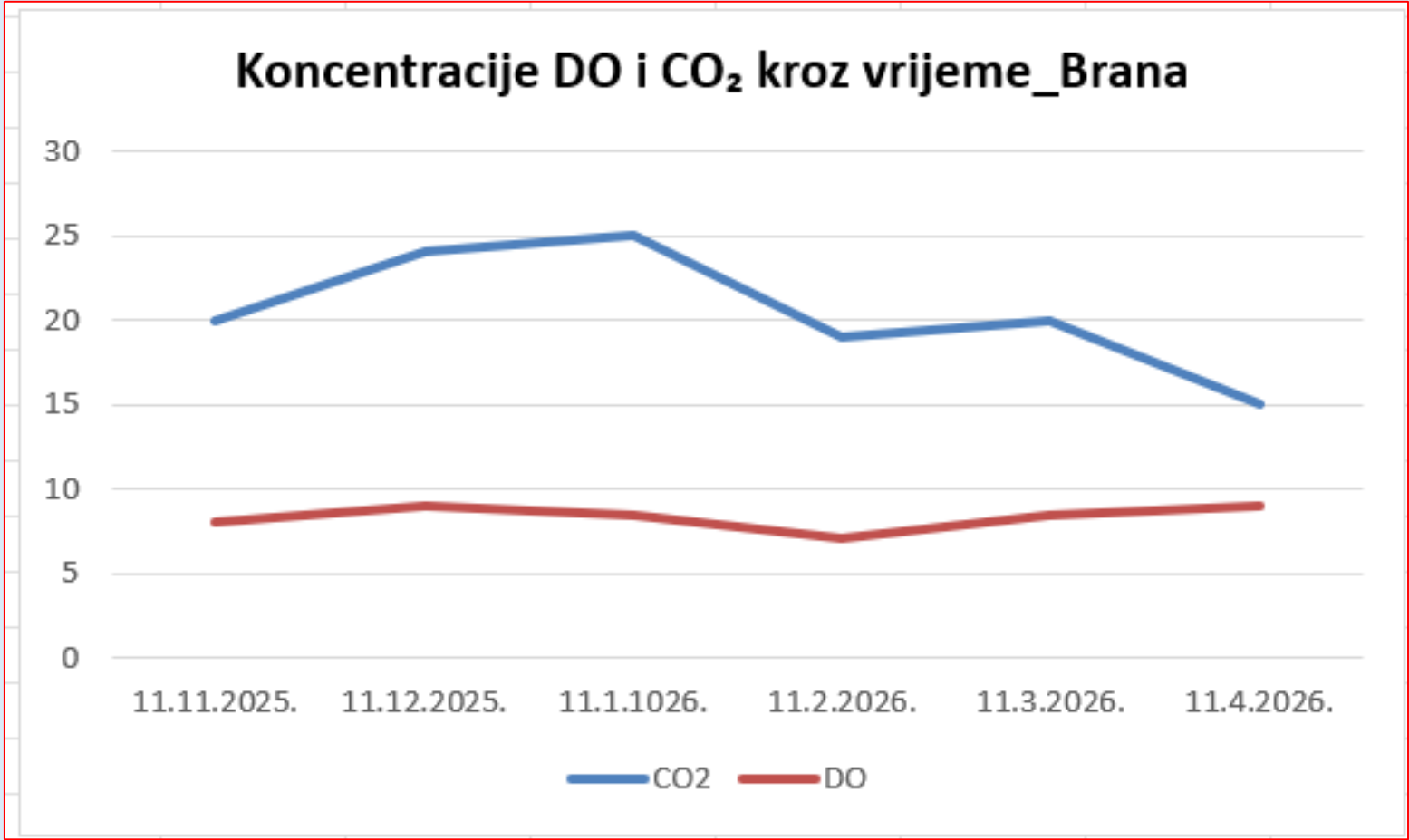
REZULTATI MJERENJA, Opačac



Datum	O ₂ (mg/l)
11.11.	7
11.12.	8,5
11.1.	9
11.2.	9
11.3.	7
11.4.	7

Datum	CO ₂ (mg/l)
11.11.	20
11.12.	15
11.1.	20
11.2.	15
11.3.	18
11.4.	11

REZULTATI MJERENJA, Brana



Datum	O ₂ (mg/l)
11.11.	8
11.12.	9
11.1.	8,5
11.2.	7
11.3.	8,5
11.4.	9

Datum	CO ₂ (mg/l)
11.11.	20
11.12.	24
11.1.	25
11.2.	19
11.3.	20
11.4.	15



ZAKLJUČAK

OTOPLJENI KISIK

- kisika dostupnog za život u vodi
- opstanak većine vodenih organizama i indikator stanja (aerobni/anaerobni uvjeti).

Tip vode	Uobičajeni raspon	Napomena
Jezero	6–10 (mg/L)	Više na površini, manje na dnu.
Rijeka	8–12 (mg/L)	Najviši zbog strujanja.

OTOPLJENI UGLJIKOV DIOKSID

- utječe na pH i pokazuje razinu biološke aktivnosti u vodi ili tlu.
- Varira s temperaturom i fotosintezom.

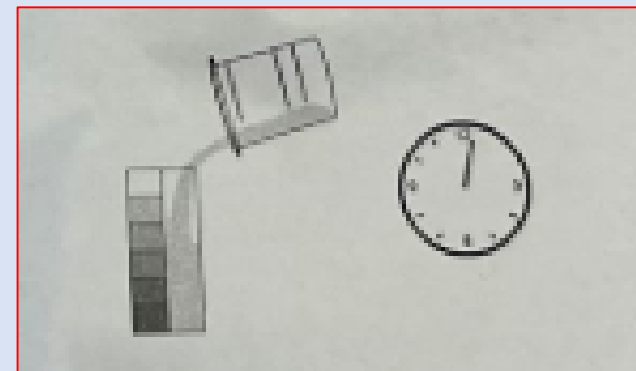
- Visok CO₂ može značiti aktivnu razgradnju organske tvari (mikrobi), zasićenost CO₂ iz tla ili slabo prozračenu vodu.

MJERENJE FOSFATA



Metoda: Kolorimetrijska (askorbinska kiselina)

Nastali fosfomolibdeni kompleks reducira se askorbinskom kiselinom u intenzivno plavu boju. **Intenzitet boje** proporcionalan je **koncentraciji fosfata**.



MJERENJE FOSFATA

Tip vode	Uobičajeni raspon	Napomena
Jezero	<0.02 mg/L	Više → rizik od algi.
Rijeka	<0.02–0.05 mg/L	Ovisi o poljoprivredi.
Bunar	<0.01 mg/L	Vrlo nisko u podzemnoj vodi.

- **Vrlo niske vrijednosti** (<0.01–0.02 mg/L) → oligotrofno, čista voda.



Hvala na pažnji!

Mentori: prof. Marijana Vuković i prof. Mate Jonjić

Učenici: Kata Bago, Petra Jerković, Ivan Karin, Lana Kujundžić, Josip Lasić,
Marija Lasić, Zora Mendeš, Karla Štrlijić

