

Praktikum iz kvaliteta podzemnih voda

Jana Štrbački



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

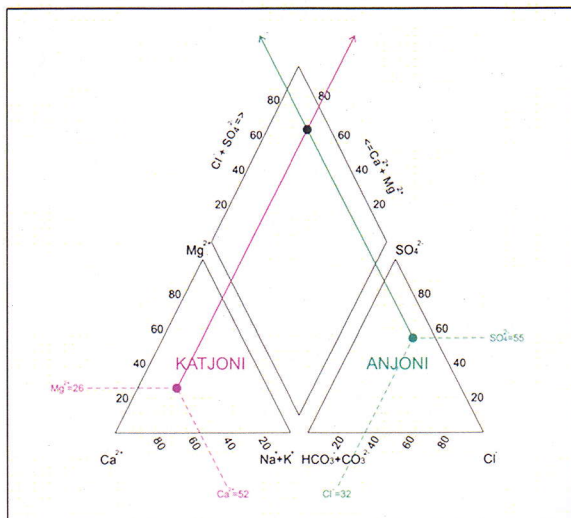
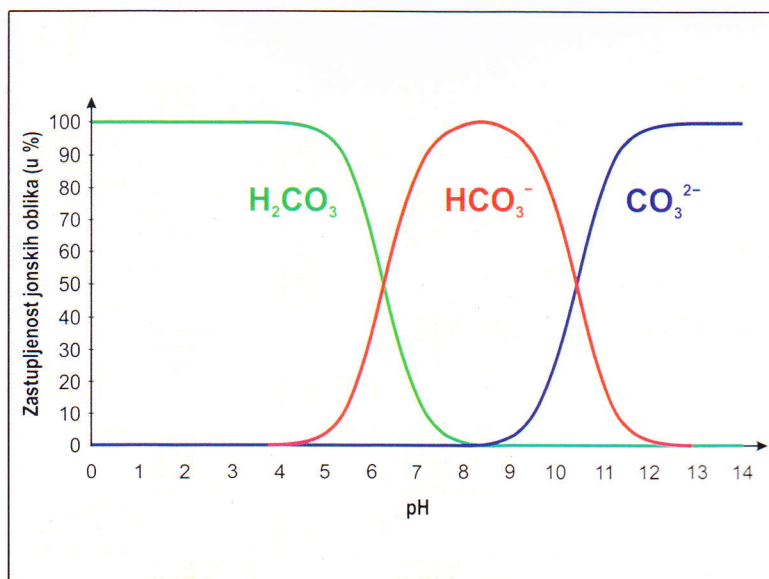
[ДР РГФ]

Praktikum iz kvaliteta podzemnih voda | Jana Štrbački || 2022 ||

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0006210>

Jana Štrbački

PRAKTIKUM IZ KVALITETA PODZEMNIH VODA



UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

Jana Štrbački

***PRAKTIKUM IZ
KVALITETA PODZEMNIH VODA***

Beograd, 2022

Dr Jana Štrbački, docent

PRAKTIKUM IZ KVALITETA PODZEMNIH VODA

Odgovorni urednik:
Dr Vladimir Živanović, docent

Recenzenti:
Dr Veselin Dragišić, redovni profesor u penziji
Dr Nebojša Pantelić, vanredni profesor

Odlukom Uređivačkog odbora Rudarsko-geološkog fakulteta u Beogradu, br. 8/5 od 21.01.2022. godine, na osnovu pozitivnih recenzija, odobrava se štampanje rukopisa „Praktikum iz Kvaliteta podzemnih voda“ autora dr Jane Štrbački, kao pomoćnog sredstva u nastavi Univerziteta.

Izdavač:
UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
Beograd, Đušina 7

Za izdavača:
Dr Biljana Abolmasov, redovni profesor

Godina 2022

Štampa:
Sprint d.o.o. Beograd

CIP - Каталогизација у публикацији
Народна библиотека Србије, Београд

556.31(075.8)(076)

ШТРБАЧКИ, Јана, 1983-

Praktikum iz Kvaliteta podzemnih voda / Jana Štrbački. - 1. izd. - Beograd : Univerzitet, Rudarsko-geološki fakultet, 2022 (Beograd : Sprint). - 130 str. : ilustr. ; 28 cm

Na vrhu nasl. str.: Departman za hidrogeologiju. -
Tiraž 100. - Bibliografija: str. 126-130.

ISBN 978-86-7352-378-1

а) Подземне воде - Квалитет - Вежбе
COBISS.SR-ID 60302857

Naslovna strana:
Dizajn: Daliborka Mijailović

Predgovor

Kvalitet podzemne vode određuju njeni sastojci – rastvorene supstance, koloidne i suspendovane čestice, kao i različiti mikroorganizmi. Detaljno razumevanje oblika pojavljivanja, migracije i međusobnih interakcija ovih sastojaka, drugim rečima, poznavanje njihovih hidrohemijskih karakteristika, važan je preduslov za pravilnu ocenu kvaliteta podzemnih voda.

Praktikum iz Kvaliteta podzemnih voda nastao je sa idejom da se prikaže i objasni ceo proces ispitivanja fizičkih osobina i hemijskog sastava jedne podzemne vode: od njenog uzorkovanja i pratećih terenskih merenja, preko laboratorijskih analiza, pa sve do obrade i interpretacije hidrohemijskih podataka. Kroz ukupno deset vežbi, studenti se osposobljavaju za samostalno uzorkovanje podzemnih voda i merenje fizičko-hemijskih parametara *in situ*, upoznaju se sa odabranim laboratorijskim metodama, nakon čega pristupaju analizi dobijenih rezultata. Upravo je ovom poslednjem koraku posvećena posebna pažnja, s obzirom da se radi o veštini neophodnoj kako studentima hidrogeologije, tako i budućim inženjerima ove struke. Obrađene su sledeće tematske celine: proračun osnovnih parametara hemijskog sastava i određivanje hemijskih tipova podzemnih voda, grafičko prikazivanje podataka i metodologija utvrđivanja mogućeg porekla podzemnih voda. Nakon toga, definisani su kriterijumi za ocenu kvaliteta podzemnih voda za različite potrebe (vodosnabdevanje, flaširanje i navodnjavanje), kao i za ocenu potencijala podzemnih voda za inkrustaciju i koroziju. Sve nabrojane nastavne jedinice sadrže kraći teorijski uvod, primere rešenih zadataka i zadatke za samostalni rad studenata. Prikazane analitičke tehnike, formule za proračun različitih hidrohemijskih parametara, kriterijumi klasifikacija i pravilnici, usklađeni su sa aktuelnom domaćom i stranom literaturom iz ove oblasti.

Praktikum iz Kvaliteta podzemnih voda namenjen je studentima Rudarsko-geološkog fakulteta Univerziteta u Beogradu i ima za cilj da obezbedi lakše i sveobuhvatnije savladavanje i usvajanje predmetnog gradiva.

U Beogradu, decembra 2021. godine

Doc. dr Jana Štrbački

Sadržaj

Vežba 1 – Uzorkovanje podzemnih voda.....	1
Vežba 2 – Laboratorijsko određivanje hemijskog sastava podzemnih voda – volumetrijske metode	13
Vežba 3 – Laboratorijsko određivanje hemijskog sastava podzemnih voda – fotometrijske metode	27
Vežba 4 – Obrada podataka o hemijskom sastavu podzemnih voda	36
Vežba 5 – Grafičko prikazivanje hemijskog sastava podzemnih voda.....	49
Vežba 6 – Hidrohemijski indikatori porekla podzemnih voda	63
Vežba 7 – Ocena kvaliteta podzemnih voda za piće.....	76
Vežba 8 – Ocena kvaliteta podzemnih voda za navodnjavanje.....	86
Vežba 9 – Ocena potencijala podzemnih voda za inkrustaciju i koroziju	99
Vežba 10 – ZAVRŠNA VEŽBA – obrada podataka laboratorijskih analiza	111
Prilozi.....	122
Literatura.....	126

VEŽBA 1

Uzorkovanje podzemnih voda

Ime i prezime studenta, br. indeksa	
Datum izrade vežbe	
Overa vežbe	
Bodovi	
Komentar	

Vežba 1

Uzorkovanje podzemnih voda

1.1. Ciljevi uzorkovanja

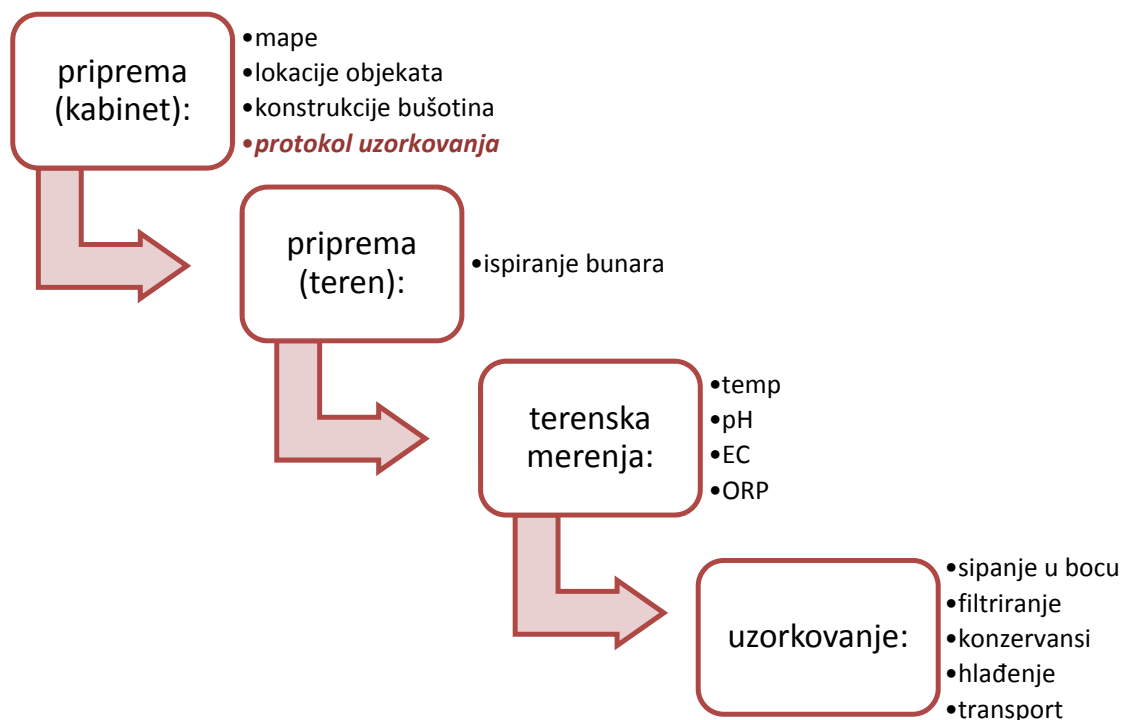
Pouzdanost i kvalitet rezultata hemijske analize podzemne vode direktno zavise od postupaka i tehnika uzorkovanja te vode. Čak ni veoma sofisticirane laboratorijske metode ne mogu da kompenzuju posledice nepravilno uzetog uzorka podzemne vode, kao ni njegove fizičko-hemijske promene, usled neadekvatnog dopremanja u laboratoriju (Harter, 2003). Upravo zbog toga, primarni cilj svakog uzorkovanja podzemnih voda jeste dobijanje **reprezentativnog** uzorka, tj. uzorka koji odražava realne hidrogeohemijske uslove u izdani. Drugi važan cilj jeste očuvanje **integriteta** uzorka od terena do laboratorije, odnosno njegova adekvatna konzervacija i transport (De Vivo et al, 2018; Nielsen, 2007). Drugim rečima, potrebno je obezbediti da reprezentativan uzorak podzemne vode bude podvrgnut reprezentativnoj hemijskoj analizi.

Uzorkovanje podzemnih voda može se sprovoditi u sklopu režimskih osmatranja kvaliteta podzemnih voda, na jednom ili više vodozahvatnih objekata, po unapred utvrđenom programu. Takođe, često se vrši i „jednokratno“ uzorkovanje, kako bi se sagledao hemijski sastav podzemne vode na određenoj lokaciji. Bez obzira na razmere i učestalost prikupljanja uzoraka podzemnih voda, krajnji cilj je uvek hidrogeološka i hidrogeohemijska karakterizacija izdani. Ovo je neminovan preduslov za procenu pogodnosti ispitivane vode za različite namene (piće, navodnjavanje, industrija i sl.), ali i za definisanje uslova njene zaštite, određivanje eventualnih kontaminanata itd.

1.2. Program (protokol) uzorkovanja

Uspešan program uzorkovanja podzemnih voda mora biti metodično i do detalja isplaniran pre samog izlaska na teren. Najvažniji koraci u ovom procesu prikazani su na blok dijagramu (slika 1.1).

Preduslov za uspešno planiranje kampanja uzorkovanja jeste dobro poznavanje i razumevanje hidrogeoloških uslova na terenu, što se postiže prikupljanjem svih raspoloživih podataka prethodnih istraživanja. Nakon analize dostupnih informacija, pristupa se definisanju protokola uzorkovanja, odabiru laboratorije i vrste hemijskih analiza koje će biti rađene. Opisani koraci čine **kabinetske pripreme** za proces uzorkovanja podzemnih voda.



Slika 1.1. Blok dijagram programa uzorkovanja podzemnih voda

Na samom terenu takođe su neophodne određene pripremne radnje, kao što je merenje nivoa podzemnih voda, ispiranje bunara itd, što čini **terenske pripreme** za uzorkovanje. Nakon njih, pristupa se **terenskim merenjima** osnovnih fizičko-hemijskih parametara, kao što su: temperatura, pH, elektroprovodljivost, oksido-redukcioni potencijal i sl. Konačno, prelazi se na **uzorkovanje**, u užem smislu, što podrazumeva sipanje uzorka podzemne vode u bocu, a po potrebi i njegovo filtriranje, dodavanje konzervansa i hlađenje, čime se obezbeđuju adekvatni uslovi za transport uzorka do laboratorije.

1.2.1. Pripreme (kabinetski rad)

Prilikom upoznavanja hidrogeoloških karakteristika istražnog područja, prvenstveno se obraća pažnja na hidrauliku bunara i na dinamiku podzemnih voda. Polaznu tačku svakako predstavljaju mape ispitivanog terena sa lokacijama svih bušotina, bunara, izvora i drugih vodozahvatnih objekata i dokumentovanih pojava podzemnih voda. Pored njihovih lokacija (tj. koordinata), potrebno je pribaviti i podatke o konstrukcijama bušotina i bunara: dubine, prečnike, filterske intervale, kao i podatke ranijih merenja nivoa podzemnih voda. Sagledava se eventualna hidraulička veza pomenutih objekata/pojava sa površinskim vodama, pretpostavljene zone prihranjivanja i dreniranja izdani i uopšte, generalni pravci kretanja podzemnih voda na razmatranom području.

Na osnovu analize svih prikupljenih informacija, moguće je definisati **protokol uzorkovanja**. U pitanju je detaljan plan celog procesa uzorkovanja podzemnih voda, kojim se, između ostalog, precizira:

- izbor uzorkivača (i način njegovog čišćenja i održavanja na terenu);
- izbor boca za uzorke;
- način konzervacije i transporta uzoraka;
- vrsta i obim *in situ* merenja;
- dizajn tabele za unos rezultata terenskih merenja i podataka o prikupljenim uzorcima;
- dizajn etikete za obeležavanje boca sa uzorcima.

Izbor **uzorkivača** zavisi od sledećih tehničkih karakteristika bušotine: dubine do nivoa podzemne vode, prečnika i vrste bušotine (*open hole* ili zacevljenje, prečnik zacevljenja, dužina filterske konstrukcije itd.) (De Vivo et al, 2018). Takođe, treba da budu zadovoljeni sledeći kriterijumi (Schuller et al, 1981):

- uzorkivač ne sme da remeti fizičko-hemijsku strukturu uzorka;
- materijal od koga je izrađen uzorkivač ne sme hemijski da reaguje sa podzemnom vodom;
- uzorkivač treba da bude jednostavan za rukovanje i održavanje (tj. čišćenje) na terenu.

Jedan od najčešće korišćenih uzorkivača je tzv. bejler (eng. *bailer*), cilindrični sud napravljen od PVC plastike ili nerđajućeg čelika, sa kugličnim ventilom na dnu i sa otvorenim vrhom (slika 1.2). Tokom spuštanja bejlera kablom na potrebnu dubinu, podzemna voda teče naviše kroz kuglični ventil i izlazi kroz otvoreni vrh. Kada se bejler zaustavi, pritisak vodenog stuba zatvara kuglični ventil, čime se „zapečati“ uzorak. Bejleri sa dvostrukim ventilom imaju po jedan ventil na oba kraja cevi, koji se zatvaraju kada bejler dostigne potrebnu dubinu, čime se zaustavlja dotok i mešanje vode tokom izvlačenja bejlera na površinu (De Vivo et al, 2018).



Slika 1.2. Različite vrste uzorkivača – bejlera

Svaki uzorkivač neophodno je temeljno očistiti (isprati i/ili dezinfikovati) između uzorkovanja različitih pijezometara, naročito ako se sumnja na prisustvo zagađujućih supstanci. Dezinfekcija je neophodna prilikom uzimanja uzoraka za mikrobiološke analize, kao i za određivanje sadržaja organskih supstanci ili pesticida. U ostalim slučajevima dovoljno je samo ispiranje uzorkivača i prateće opreme, za šta se koriste namenska hemijska sredstva i čista (poželjno i destilovana) voda, nakon čega opremu treba ostaviti da se osuši na vazduhu (Wilde, 2004).

Izbor **boca za uzorke** vrši se u skladu sa vrstom planirane hemijske analize, pri čemu moraju biti zadovoljeni sledeći uslovi: boca ne sme da kontaminira uzorak, ne sme da reaguje sa komponentama uzorka niti da ih apsorbuje (De Vivo et al, 2018). Najčešće se koriste boce od PVC plastike, koje su pogodne za određivanje većine neorganskih komponenata (slika 1.3). U te svrhe može se koristiti i PET ambalaža, namenjena za pakovanje flaširane vode, jer je odlikuje minimalno ispuštanje supstanci iz zidova boce u uzorak. Izuzetak predstavlja uzorkovanje za analize sadržaja rastvorenog kiseonika ili organskih materija, kada je obavezna upotreba staklenih boca, poželjno tamne boje (slika 1.3) (Schneider, 2017; Weaver et al, 2007). Bez obzira na materijal i namenu, sve boce za uzorkovanje moraju biti čiste, s tim što je za mikrobiološke analize neophodna i sterilizacija (obavlja se u laboratorijskim uslovima).



Slika 1.3. Boce za uzorke od različitih materijala

Deo kabinetskih priprema za proces uzorkovanja podzemnih voda predstavlja i izrada **tabela** za unos rezultata terenskih merenja i podataka o prikupljenim uzorcima, kao i **etiketa** za obeležavanje boca sa uzorcima (Prilozi 2 i 3).

1.2.2. Pripreme (terenski rad)

U slučaju uzorkovanja pijezometara ili bunara, neposredno pre *in situ* merenja i prikupljanja uzoraka podzemnih voda, radi se **ispiranje bunara**. Ovaj postupak ima za cilj da ukloni tzv. „stajaću“ vodu – stub vode iznad filterske zone, gde je cirkulacija podzemne vode slabo izražena. Na taj način se osigurava da prikupljeni uzorak sadrži maksimalan udeo „sveže“ podzemne vode, direktno iz izdani koja je predmet istraživanja, što ga čini reprezentativnim (Harter, 2003). Uobičajeno je uklanjanje tri do pet zapremina bunara, ali je važno da se to

izvede umerenim kapacitetom, kako bi se izbeglo narušavanje dinamike hidrogeološkog sistema i pojava prevelikih hidrauličkih gradijenata, praćenih, između ostalog, povišenom mutnoćom vode (Levert, 2012).

Kada se uzima uzorak podzemne vode sa izvora, s obzirom na (relativno) konstantno isticanje, postupak ispiranja nije potreban (Weaver et al, 2007).

1.2.3. Terenska (*in situ*) merenja

Prikupljanju uzoraka podzemnih voda prethode *in situ* merenja nestabilnih fizičko-hemijskih parametara, čije vrednosti se najčešće menjaju tokom transporta i skladištenja uzoraka, te ih nije moguće naknadno pouzdano odrediti u laboratoriji. Takođe, podaci terenskih merenja doprinose sticanju preliminarne slike o ispitivanoj podzemnoj vodi i uslovima u izdani (ukazuju na veličinu mineralizacije, kiselost sredine i stepen aerobnosti itd.), a mogu da posluže za kasniju proveru pouzdanosti rezultata hemijskih analiza. Najčešće se mere sledeći parametri podzemnih voda: temperatura, pH vrednost, elektroprovodljivost, oksido-redukcioni potencijal, mutnoća, sadržaj rastvorenog kiseonika itd.

Ukoliko se merenja vrše na izvoru, treba nastojati da se mernim instrumentom (sondom) priđe što bliže mestu isticanja, dok se za visoku preciznost merenja na bušotinama i bunarima preporučuje upotreba protočnih ćelija (slika 1.4). U pitanju je aparatura koja omogućava konstantan protok vode kroz specijalno dizajnirane ćelije za umetanje mernih sondi, pri čemu je ceo sistem izolovan od kontakta sa atmosferom (De Vivo et al, 2018).



Slika 1.4. Protočne ćelije (proizvođača Waterra)

Temperatura vode (oznaka: **temp**, jedinica: °C) meri se digitalnim termometrom (često je sastavni deo nekog drugog uređaja, npr. pH-metra), odgovarajućeg opsega i preciznosti od 0,1 °C (slika 1.5). Merenje je potrebno obaviti što bliže mestu isticanja podzemne vode i zaklonjeno od direktne sunčeve svetlosti. Obično se meri i temperatura vazduha, u datom trenutku, na datoj lokaciji. Imajući u vidu porast temperature podzemne vode sa povećanjem dubine (prosečan geotermalni gradijent iznosi 3 °C/100 m), vrednosti izmerene na terenu mogu biti jedan od prvih indikatora dubine njenog zaleganja.

pH vrednost (oznaka: **pH**, jedinica: *bez*) meri se pH-metrom (slika 1.5), tj. odgovarajućom mernom elektrodom, sa preciznošću od jedne decimale. Poželjno je da instrument poseduje funkciju temperaturne kompenzacije. Pre svake kampanje uzorkovanja, potrebno je

kalibrirati elektrodu standardnim rastvorima pH 4, 7 i 10, a merenja periodično kontrolisati razblaženim rastvorom kiseline poznate pH vrednosti.

Elektroprovodljivost (oznaka: **EP** ili **EC**, jedinica: $\mu S/cm$) meri se konduktometrom (slika 1.5), koji sadrži konduktometrijsku ćeliju ili elektrodu, i poseduje funkciju temperaturne kompenzacije. Kalibracija se vrši pomoću standardnog rastvora poznate provodljivosti.

Oksido-redukcioni potencijal (oznaka: **Eh** ili **ORP**, jedinica: mV) meri se Eh-metrom (slika 1.5), koji sadrži mernu elektrodu i referentnu elektrodu (najčešće su objedinjene u jednu, kombinovanu elektrodu), uz obaveznu funkciju temperaturne kompenzacije. Referentni rastvori poznate Eh vrednosti, na određenoj temperaturi, koriste se za proveru tačnosti instrumenta.



Slika 1.5. Terenski merni instrumenti (proizvođača *Hanna*): levo – kombinovani pH/EC-metar; u sredini – digitalni termometar i desno – Eh-metar

1.2.4. Uzorkovanje

Postupak prikupljanja uzoraka podzemnih voda podrazumeva presipanje vode, zahvaćene pomoću uzorkivača ili direktno na mestu isticanja, u unapred pripremljene boce za uzorke. Kad god je moguće, poželjno je najpre isprati bocu vodom koja se uzorkuje. U najvećem broju slučajeva, boca se puni do vrha (uz eliminisanje mehurića vazduha) i odmah zatvara pripadajućim čepom, tj. zatvaračem, kako bi se minimalizovala interakcija uzorka sa gasnom fazom. Međutim, potrebno je ostaviti dovoljno prostora u boci za dodavanje sredstva za konzerviranje uzorka (ako je predviđeno protokolom uzorkovanja), kao i prilikom uzorkovanja za mikrobiološke analize.

Konzervacija uzorka vrši se onda kada postoji mogućnost odvijanja različitih fizičko-hemijskih i bioloških reakcija u uzorku podzemne vode, za vreme njegovog transporta i skladištenja, a

koje bi kompromitovale rezultate hemijske analize. Najčešće se dešavaju sledeći procesi (De Vivo et al, 2018):

- konzumiranje ili modifikacija pojedinih supstanci od strane mikroorganizama;
- fotodegradacija;
- oksidacija rastvorenim kiseonikom;
- taloženje;
- isparavanje;
- degazacija;
- apsorpcija CO₂ iz vazduha;
- sorpcija koloida na zidovima boce itd.

Metode konzervacije uzoraka koje se najčešće primenjuju su:

- filtriranje uzorka;
- dodavanje konzervanasa i
- hlađenje ili zamrzavanje uzorka.

Filtriranje uzorka podrazumeva uklanjanje koloidnih i suspendovanih čestica, koje se u podzemnoj vodi javljaju kao posledica postupka izrade bušotine, i nisu prirodno prisutne u neporemećenom izdanskome toku. Izvodi se *in situ*, neposredno nakon prikupljanja uzorka. Veličina pora filter papira zavisi od namene uzorka, tj. od planiranih hemijskih analiza, a najčešće se koristi 0,45 μm filter papir (slika 1.5). Generalno, filtracija se preporučuje u slučaju visokih vrednosti mutnoće vode, kao i prilikom određivanja koncentracija rastvorenih metala. Uzorci podzemnih voda za analiziranje sadržaja organskih supstanci ili kumulativnih parametara (npr. ukupan sadržaj fosfata, nitrata, gvožđa itd.), ne filtriraju se (Schneider, 2017; Weaver et al, 2007).



Slika 1.5. Filter papir

Konzervansi koji se najčešće dodaju uzorcima podzemnih voda su: kiseline, baze, biocidi i namenski reagensi, npr. za živu ili sulfide (De Vivo et al, 2018). Zakiseljavanje uzorka za određivanje sadržaja rastvorenih metala, vrši se *nakon* filtracije, dodavanjem male količine rastvora HNO₃, kako bi se sprečilo taloženje metala. Ovako pripremljeni uzorci sipaju se u namenske bočice, obično manje zapremine, i to obavezno istovremeno sa uzimanjem uzorka za osnovne hemijske analize (koji *ne podležu* zakiseljavanju, a često ni filtraciji).

Hlađenje uzoraka podzemnih voda ima za cilj da mikrobiološku aktivnost tokom čuvanja i transporta, svede na najmanju moguću meru. U praksi se najčešće koriste prenosivi (ručni) frižideri, u kojima se uzorci čuvaju na +4 °C, a hlađenju se pristupa neposredno nakon prikupljanja uzoraka.

Bez obzira na primenjene postupke konzervacije uzoraka, uvek se nastoji da se njihov **transport** do laboratorije obavi u što kraćem vremenskom roku. Maksimalno vreme skladištenja uzoraka, od trenutka uzorkovanja do momenta izrade hemijske analize u laboratoriji, zavisi od vreste parametara (tj. komponenata hemijskog sastava), koji se određuju, a kreće se od 24 h do 30 dana (tabela 1.1).

Tabela 1.1. Tehnike konzervacije uzoraka podzemnih voda i maksimalno vreme skladištenja uzoraka, u zavisnosti od grupe parametara hemijskog sastava koji se ispituju (De Vivo et al, 2018; Schneider, 2017)

Grupa parametara	Primeri	Boca za uzorke	Filtriranje	Konzervans	Hlađenje (2-5 °C)	Max vreme skladištenja
Ukupni metali	Al, Cr, Co, Cu, Fe, Pb, Mn, Ni, Ag, U, Zn	plastična	/	zakiseliti sa HNO ₃ do pH<2	✓	1 mesec
Katjoni metala	Al ³⁺ , Cd ²⁺ , Co ²⁺ , Cu ²⁺ , Fe ^{2+/3+} , Pb ²⁺ , Li ⁺ , Mn ²⁺ , Ni ²⁺ , Ag ⁺ , Ca ²⁺ , Mg ²⁺ , Na ⁺ , K ⁺ , U ⁶⁺ , Zn ²⁺ , Sb ^{3+/5+} itd.	plastična	0,45 µm filter papir	zakiseliti sa HNO ₃ do pH<2	✓	1 mesec
Redoks-senzitivni katjoni	Fe ²⁺ , NH ₄ ⁺	plastična	/	zakiseliti (HNO ₃ /H ₂ SO ₄) do pH<2 i eliminisati O ₂ , za redukcione oblike	✓	24 h
Anjoni	Br ⁻ , Cl ⁻ , F ⁻ , NO ₃ ⁻ , SO ₄ ²⁻ , orto-PO ₄ , I ⁻ , BO ₃ ³⁻ itd.	plastična	0,45 µm filter papir	/	✓	1 mesec
Redoks-senzitivni anjoni	NO ₂ ⁻ , Cr ⁶⁺ , CN ⁻	plastična	/	eliminirati O ₂ , za redukcione oblike	✓	24 h
Joni sumpora	S ²⁻ , SO ₃ ²⁻	plastična	/	alkalizacija ili EDTA	✓	24 h
Anjoni elemenata	As, Se, Sn	plastična	/	zakiseliti sa HCl do pH<1	✓	1 mesec
Ukupni nemetali	P, N	plastična	/	zakiseliti sa H ₂ SO ₄ do pH<2	✓	24 h
Potrošnja kiseonika	BPK, HPK	staklena	/	zakloniti od svetlosti	✓	24 h
Organski ugljenik	TOC, DOC	staklena	0,45 µm srebrni filter	zakloniti od svetlosti	✓	7 dana

S obzirom da preporučene metode konzervacije uzoraka podzemnih voda zavise od analitičkih metoda koje će se primenjivati u laboratoriji, uvek je najbolje konsultovati odabranu laboratoriju, još u fazi definisanja protokola uzorkovanja, kako bi se izvršio odabir i adekvatna priprema boca za uzorke, konzervanasa i rashladnih uređaja, i kako bi se isplanirao blagovremeni transport uzoraka.

Zadatak:

Potrebno je ispitati hemijski sastav podzemne vode iz objekta/pojave _____, na lokaciji _____. Planirana je izrada skraćene hemijske analize, tj. laboratorijsko određivanje sledećih parametara: Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ , Cl^- , HCO_3^- , SO_4^{2-} , NO_3^- , NO_2^- , NH_4^+ i Fe_{uk} .

U sklopu kabinetskih priprema za izlazak na teren, napisati protokol uzorkovanja, i to po sledećim stavkama:

- a) potrebna terenska oprema i merni instrumenti (uzorkivač, instrumenti za *in situ* merenja, boce za uzorke, filter papir, konzervansi, terenski frižider itd.);
- b) planirana *in situ* merenja i način njihovog izvođenja;
- c) detaljan opis samog procesa uzorkovanja (filtriranje, konzervacija, hlađenje, vreme transporta).

Rezultate terenskih merenja i podatke o prikupljenim uzorcima upisivati u tabelu datu u Prilogu 2.

Pripremiti dovoljan broj etiketa za obeležavanje boca sa prikupljenim uzorcima (Prilog 3).

Protokol uzorkovanja:

PRILOZI

PRILOG 1 – Primer izveštaja o ispitivanju

Laboratorija za Hidrohemiju

Rudarsko-geološki fakultet

Đušina 7

tel. 011 3219 235

Opis: Rezultati ispitivanja hemijskog sastava uzorka podzemne vode oznake _____, iz objekta/pojave _____, na lokaciji _____.
Datum uzorkovanja: _____. Datum analize: _____.

Parametar	Jedinica	Metoda	Rezultat	MDK
Rezultati terenskih ispitivanja:				
pH		SRPS EN ISO 10520:2013		6,8-8,5
Elektroprovodljivost	μS/cm	EPA 120.1		2.500
Temperatura vode	°C	SRPS H.Z1.106:1970		
Oksido-redukcioni potencijal	mV	SESDPROC-113-R2		
Rezultati fizičko-hemijskih ispitivanja:				
Ukupna tvrdoća	°dH	Sl. list SFRJ 42/66 metoda III 15		/
Kalcijum (Ca ²⁺)	mg/l	SRPS ISO 2482:2015		200,0
Magnezijum (Mg ²⁺)	mg/l	SRPS ISO 2482:2015		50,0
Natrijum (Na ⁺)	mg/l	<i>računski</i>		200,0
Kalijum (K ⁺)	mg/l	PAL/VVC, 1980		12,0
Hloridi (Cl ⁻)	mg/l	SRPS ISO 9297:1997		250,0
Hidrokarbonati (HCO ₃ ⁻)	mg/l	SRPS EN ISO 9963-1:2007		/
Sulfati (SO ₄ ²⁻)	mg/l	SMEWW 18th, 1992		250,0
Nitrati (NO ₃ ⁻)	mg/l	SRPS EN 12260:2008		50,0
Nitriti (NO ₂ ⁻)	mg/l	SRPS EN 12260:2008		0,03
Amonijum (NH ₄ ⁺)	mg/l	SRPS EN 12260:2008		0,5
Gvožđe ukupno (Fe _{uk})	mg/l	PASWV, 1989		0,3
Mineralizacija	mg/l	<i>računski</i>		/

Legenda primenjenih standarda i metoda:

PASWV, 1989 – Photometrische Analysenverfahren, Schwedt, Wissenschaftliche Verlagsgesellschaft mbH, Stuttgart 1989.

SMEWW 18th, 1992 – Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater; 18th Edition, 1992.

PAL/VVC, 1980 – Photometrische Analyse, Lange / Vejdelek, Verlag Chemie 1980.

Komentar:

Datum izdavanja izveštaja: _____

Analizu izvršio:

PRILOG 2 – Primer etikete za obeležavanje boca sa uzorcima

Terenska oznaka uzorka:	
Datum uzorkovanja:	
Vreme:	
Oznaka objekta/pojave:	
Lokacija:	
Priprema uzorka:	
Filtriranje:	
Konzervans:	
Hlađenje:	
Naručena hemijska analiza:	
Dodatne napomene:	
Uzorkovanje izvršio:	

PRILOG 3 – Primer tabele za unos rezultata terenskih merenja i podataka o prikupljenim uzorcima

Terenska oznaka uzorka:			
Datum uzorkovanja:			
Vreme:			
Oznaka objekta/pojave:			
Lokacija:			
Koordinate:	X:	Y:	Z:
Napomene o ispiranju bunara:			
Terenska merenja:			
podzemna voda:		vazduh:	
Temperatura (°C):		Temperatura (°C):	
pH:			
EC (µS/cm):			
ORP (mV):			
Dodatne napomene:			
Uzorkovanje izvršio:			