

MONITORING PODZEMNIH VODA

Tamara Laketić, Maja Nogić

Institut za vode, Miloša Obilića 51, 76300 Bijeljina

Telefon: 00 387 55 211 575, Fax: 00 387 55 211 574

laketice@institutzavode.com, nogic@institutzavode.com

Sažetak:

Podzemna voda je osnovna materija neophodna za čovečanstvo. Oko 50% ukupnog stanovništva na zemaljskoj kugli koristi je kao izvor vode za piće. Nagla globalizacija i nagli porast stanovništva doveli su do smanjenja količine podzemne vode kao i do njenog zagađenja. Zato je neophodno sprovesti odgovarajuće monitoringe podzemnih voda koji će nam ukazati na stepen njihovog zagađenja. U ovom radu je prikazan kratak pregled kako se planira i izvodi monitoring podzemnih voda kao i njihova važnost za ljudsko čovečanstvo.

Ključne reči: monitoring, podzemne vode, zagađenje

Apstrakt

Underground water is the main substance, very important for humanity. Around 50% of the total Earth's population uses it as a source of drinking water. Fast globalization and increase of population created diminishment of underground water as well as pollution of it. Therefore it is necessary to conduct monitoring of the underground waters which will point on the degree of their pollution. This paper shows the short review on how the monitoring of underground waters is planned and done and the importance of underground water for humanity.

Key words: monitoring, underground water, pollution

1. UVOD

Voda je najveće prirodno bogatstvo na svetu. Ona pokriva 71% površine Zemlje. Ima je oko $1,4 \times 10^9$ km³, ali svega 2,5% čine „slatke“ vode uslovno pogodne za korišćenje. Nagli porast broja stanovništva u svetu u poslednjih nekoliko decenija, udvostručio je potrošnju vode i stvorio problem pitke vode. S druge strane, danas imamo sve veći antropogeni uticaj (industrijalizacija, saobraćajnice, agrokultura) koji dovodi do zagađenja vode. S obzirom da je voda „ograničen izvor“ danas treba stremiti njenom očuvanju da se ne bi ugrozili interesi budućih generacija.

Od ukupne vode prisutne u prirodi:

- 97,2% čine okeani,
- 2,15% su glečerske kalote,
- 0,02% jezera i reke,
- 0,6 % predstavlja podzemna voda i
- ostatak čini voda u atmosferi.

Od ukupne vode na kopnu:

- 75% su glečerske kalote,
- 22% čine podzemne vode,
- 3% čine reke i jezera.

Podzemne vode čine preko 90% izvora sveže vode u svetu. Prema svom poreklu mogu biti: descendentne, ascendentne i konatne. Descendentne nastaju poniranjem atmosferske (kiša, sneg) i hidrosferske vode (reka, jezera, morske vode). Ovaj tip podzemne vode je jako značajan u vreme sušnih perioda jer prehranjuju biosferu. Ascendentne –juvenilne vode potiču od lakoisparljivih

komponentata magmi utisnitih u gornja područje litosfere. Konatne (zahvaćene) vode uklopljene su u vreme stvaranja stena (npr. voda koja prati ležišta nafte).

Podzemna voda je skoro uvek prisutna u gornjim delovima Zemljine kore ali njena korisnost zavisi od:

- dubine na kojoj se nalazi
- vrste stena u kojima se nalazi
- vrste i količine rastvorenih soli u njoj.

Srednja granica prostiranja podzemnih voda je 2 km, maksimalna dubina 14 km a posle ove dubine voda prelazi svoju kritičnu temperaturu od 364°C. Kumulacija podzemne vode i njeno ponašanje zavisi od stenske poroznosti, koja može biti dvojaka:

1. primarna ili pora poroznost, koja je posledica postojanja međuzrnskih šupljina
2. sekundarna, koja je posledica ispucalosti ili kavernoznosti.

Podzemne vode mogu biti u sva tri agregatna stanja. U tečnom stanju može biti fizički vezana (higroskopne, opnene) i fizički slobodna (kapilarne, lutajuće, izdanske). U gasovitom stanju u vidu vodene pare zajedno sa vazduhom nalazi se u slobodnim porama. Količina vode u ovom stanju je veoma mala. U čvrstom stanju voda se javlja u vidu sitnih kristalića ili sočiva leda kada može da ima funkciju cementa sve dok se ne otopi. U našim prostorima na visinama iznad 1000 metara, zimi ide do dubine od 0,5 m a oko polova i do 600 metara.

Podzemna voda je fundamentalna osnova života i sredstvo za život ljudi. Oko 50% populacije koristi je kao primarni izvor vode za piće. Nažalost, u poslednjih godina veliki porast stanovništva, industrijalizacija, urbanizacija i napredak u tehnologiji rezultiraju velikom iskorišćenju i kontaminaciji podzemne vode. U kontaminaciji podzemne vode veliku ulogu igra:

- ispuštanje otpadnih voda iz naselja i industrija,
- odlaganje štetnog i opasnog otpada,
- spiranje zagađenja sa poljoprivrednih površina i saobraćajnica

Od površinskih voda se razlikuju po:

- relativno sporom kretanju vode, što povećava vreme zadržavanja vode u zemljištu i time zadržavanje polutanata,
- znatan stepen fizičko-hemijske interakcije vode i okolnog materijala u kome se nalazi akvafer.

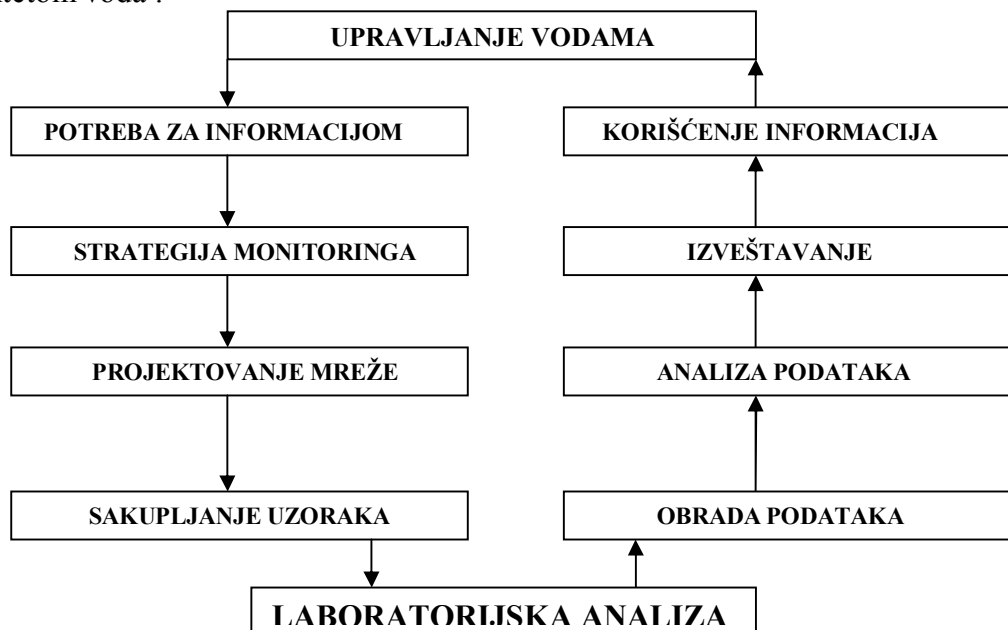
U najveće kontaminante podzemne vode spadaju: organohlorni pesticidi, polihlorovani bifenili (PCBs) i teški metali. Pesticidi u podzemne vode dospevaju spiranjem zemljišta jer danas imaju veliku primenu u agrokulturi. Nagla industrijalizacija prouzrokuje visoku emisiju polutanata teških metala u biosferu. Polutanti teških metala u vodi (i u površinskoj i u podzemnoj) su ozbiljan problem sredine, koji predstavljaju veliku pretnju za zdravlje ljudi, kroz kontaminaciju vode za piće. Za razliku od organskih polutanata, teški metali se ne razlažu kroz biološke procese, što zahteva njihovo uklanjanje iz vode.

Zbog sve većeg zagađenja podzemnih voda pesticidima i teškim metalima, danas se u svetu sprovode monitorinzi radi utvrđivanja njihovog stepena zagađenja. Veliku ulogu u ovom monitoringu ima i Institut za vode iz Bijeljine, u okviru kojeg se nalazi laboratorija za fizičko-hemijsku, biološku i mikrobiološku analizu. Institut je akreditovan po standardu ISO 17025 od strane Bosanskog akreditacionog tela (BATA).

2. MONITORING PODZEMNIH VODA

Monitoring podzemnih voda predstavlja kvalitativni i kvantitativni nadzor nad korišćenjem vodenih resursa podzemne vode. Monitoring voda i upravljanje kvalitetom voda potrebno je posmatrati kao niz međusobno povezanih aktivnosti koje počinju definisanjem potrebnih

informacija (sl.1) a završavaju korišćenjem dobijenih podataka kao informacije za upravljanjem kvalitetom voda .



Slika 1. Ciklus monitoringa

Program monitoringa podzemnih voda treba da sadrži sledeće informacije:

- izbor izdani u kojima se vrši monitoring,
- obim i vrste parametara,
- frekvenciju uzorkovanja,
- proceduru uzimanja uzoraka, uključujući i merenja *in situ* parametara,
- terensku i laboratorijsku opremu,
- metode analize,
- način obrade podataka,
- interpretaciju podataka od strane relevantnih eksperata,
- način izveštavanja.

Parametri koji determinišu režim podzemnih voda su:

- fizičko-hemijski parametri,
- mikrobiološki.

Kada je napravljen program monitoringa podzemnih voda, koji sadrži lokalitete uzorkovanja, broj i vrstu parametara koje treba određivati kao i frekvenciju uzorkovanja, pristupa se pripremi za uzorkovanje i uzorkovanju podzemne vode.

2.1 Uzorkovanje podzemne vode

Cilj uzorkovanja je sakupljanje uzoraka koji reprezentuju aktuelni sastav vode i omogućavaju praćenje kretanja kontaminanata. Da bismo bili sigurni u kvalitet i pouzdanost rezultata, potrebno je:

1. formulisati značajne ciljeve za program uzorkovanja,
2. pristupiti sakupljanju reprezentativnih uzoraka,
3. pravilno uzimati i konzervirati uzorke,
4. pridržavati se adekvatnog redosleda u čuvanju i identifikaciji uzoraka,
5. osigurati kvalitet rada i njegovu kontrolu na terenu,
6. pravilno analizirati uzorak.

Uzorci se za podzemne vode, prema vrsti dele na: **trenutne** (uzete u određeno vreme, na određenom mestu), **kompozitne** (smeša trenutnih uzoraka sakupljenih u istoj tački ali u različito vreme) i **duplikate** (za proveru preciznosti uzorkovanja). Uzorci uzeti za analizu volatilnih organskih komponenti, ulja i masti, mikrobiološke testove uvek su trenutni uzorci.

Prilikom uzorkovanja voditi računa da se uzorak ne menja niti kontaminira. Uzorak se uzima isključivo nakon što se stabilizuje pH, elektroprovodljivost i temperatura. Prilikom uzorkovanja nositi lateks rukavice. Za svaku tačku uzorkovanja koristiti nove rukavice.

Pre početka uzorkovanja veoma je važno izvršiti odgovarajuću pripremu:

- izabrati odgovarajuću opremu za uzorkovanje,
- dekontaminirati opremu,
- izabrati boce za uzorkovanje,
- konzervirati boce (ovaj korak nije neophodan za sve parametre, jer se uzorci mogu kontaminirati i na terenu nakon uzorkovanja),
- pripremiti i kalibrisati analitičke instrumente,
- pripremiti dokumentaciju kao što su: nalepnice za označavanje uzoraka, uputstvo za čuvanje i konzerviranje uzoraka, sveske ze teren itd.

Jedna od metoda za uzorkovanje podzemnih voda, konzerviranje i čuvanje uzoraka je BAS ISO 5667-2,3 i 11. Uzorci se mogu uzeti ispumpavanjem vode (poželjno je ispumpati odgovarajuću količinu stajće vode koja može dovesti do hemijskih promena). Ova se metoda uzorkovanja koristi kod podzemnih voda koje imaju vertikalno isti kvalitet. Kod dubinskog uzimanja odgovarajući uređaj za uzorkovanje se spušta u bušotine ili bunare, ostavi se da se napuni vodom, uklanja se i uzorak se prenosi u odgovarajuće posude ukoliko je neophodno. Ova metoda se koristi kod bušotina koje nije moguće ispumpavati.

Nakon uzorkovanja, uzorke je neophodno označiti, konzervirati prema odgovarajućem standardu (npr. teške metale zakiseliti konc. HNO_3 na $\text{pH} < 2$) i transportovati na odgovarajući način do laboratorije gde će se izvršiti analiza.

2.1.1 Izbor materijala za uzorkovanje

Materijal ne sme absorbovati, niti propuštati supstance, mora biti čist, dekontaminiran i pažljivo transportovan za uzorkovanje podzemne vode. Za uzorkovanje podzemne vode preporučuju se sledeći materijali:

- polietilen pogodan za analizu većine uobičajenih fizičko-hemijskih parametara (suspendovanih materija, nutrijenata, teških metala itd). Zbog interferencije nije pogodan za analizu tragova organskih komponentata.
- borsilikatno staklo preporučuje se za analizu organskih parametara. Nije pogodan za analizu teških metala.
- politetrafluoroetilen (PTFE) hemijski najinertniji materijal pogodan za analizu većine parametara ali je veoma skup.
- teflon se preporučuje za analizu svih grupa parametara.
- staklene, sterilisane posude za mikrobiološku analizu.

2.1.2 Tehnike uzorkovanja

Preporučen redosled za uzorkovanje je:

1. Volatilne organske supstance (VOCs);
2. Ukupni organski ugljenik (TOC);
3. Ukupni organski halogenidi (TOX);
4. Organske supstance koje se mogu ekstrahovati;
5. Ukupni metali;
6. Rastvoreni metali;

7. Mikrobiološki uzorci;
8. Druge neorganske supstance: potrošnja KMnO_4 , $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$, nutrijenti, minerali itd.

2.2 Laboratorijska analiza

Prema standardu ISO 17025 laboratorijski prostori za ispitivanje moraju biti takvi da obezbede besprekorno izvođenje ispitivanja kako ne bi uticali na kvalitet rezultata, o čemu se moraju voditi tehnički zapisi. Metode ispitivanja mogu biti međunarodne, regionalne ili nacionalne. Metode koje je razvila sama laboratorija moraju najpre biti validovane.

2.2.1 Analiza fizičkih parametara

Fizičke osobine vode karakterišu: temperatura, boja, miris, ukus, mutnoća, elektroprovodljivost, pH, suvi ostatak, suspendovane i taložive materije. Najveći broj fizičkih parametara određuju se *in situ* – na mestu uzorkovanja, osim suvog ostatka i suspendovanih materija

2.2.2 Analiza hemijskih parametara

Hemijske parametre možemo podeliti na neorganske (metale i nemetale) i organske. Oni se analiziraju u laboratoriji, mada je za neke od njih moguća i gruba analiza na terenu. Uzorke treba analizirati u što kraćem vremenskom intervalu od trenutka uzorkovanja. Naravno, postoje uzorci koji se mogu konzervirati i koji ne zahtevaju njihovu brzu analizu npr. ukupni fosfor, teški metali, pesticidi, PAH-ovi i druge organske supstance.

2.2.3 Analiza mikrobioloških parametara

Uzorci za analizu mikrobioloških parametara analiziraju se u roku od 24 h i za njih ne postoji mogućnost konzerviranja.

2.2.4 Kontrola rezultata ispitivanja

Prema standardu ISO 17025 laboratorija mora da osigura kvalitet rezultata ispitivanja kroz odgovarajuće interne i eksterne kontrole (međulaboratorijske kontrole). Rezultat ispitivanja treba predstaviti sa mernom nesigurnošću, koja je kvantitativni pokazatelj njegovog kvaliteta.

2.3 Maksimalno dopuštene koncentracije MDK

U Pravilniku o higijenskoj ispravnosti vode, datom u Službenom Glasniku Republike Srpske, data je lista parametara sa MDK materija u vodi za piće u redovnim prilikama, koje se koriste i za ocenu kvaliteta podzemnih voda.

2.4 Obrada i analiza podataka

Kada je završena laboratorijska analiza, sve podatke je potrebno sakupiti u jedan izveštaj i predati ekspertima, koji će na osnovu njih izvršiti detaljnu analizu postojećeg stanja podzemnih voda. Za ovakvu analizu potreban je veliki broj podataka, zbog čega je stanje podzemnih voda potrebno pratiti duži vremenski period. Izveštaj o ispitivanju mora da sadrži sledeće informacije: datum uzorkovanja, mesto uzorkovanja, rezultate analiza sa mernom nesigurnošću, metodu uzorkovanje, metode po kojima su izvršena laboratorijska ispitivanja, detalje o uslovima ispitivanja i itd.

3. ZAKLJUČAK

Sve veća urbanizacija u svetu dovela je do znatnog smanjenja količina pitke podzemne vode kao i do njene znatne kontaminacije. Zato se širom sveta vrše monitorinzi koji će dati pravu sliku stanja njihovog kvaliteta. Monitoring podzemnih voda je veoma složen proces, koji se sastoji iz nekoliko koraka koji uključuju rad velikog broja ljudi. Svaki čovek u monitoringu ima svoju

odgovornost. Uzorkivač na terenu i analitičar u laboratoriji odgovorni su o staranju sa uzorcima i njihovoj pravilnoj analizi, jer će od njihovog rada zavisiti ishod čitavog monitoringa. Uzorak koji nije reprezentativan daće pogrešne rezultate a samim tim i pogrešnu sliku postojećeg stanja o kvalitetu voda.

LITERATURA

- [1] Božo Dalmacija; Kontrola kvaliteta voda u okviru upravljanja kvalitetom, 2000
- [2] BAS EN 25667-2:2000, Water quality – Sampling – Part 2: Guidance on sampling techniques
- [3] BAS ISO 5667-3:2005, Water quality – Sampling – Part 3: Guidance on the preservation and handling of water samples
- [4] BAS ISO 5667-3:2003, Water quality – Sampling – Part 11: Guidance on sampling of groundwaters
- [5] Klašnja M., Priprema vode za piće u svetlu novih standarda i normativa, Prirodno-matematički fakultete, Novi Sad 1997
- [6] Gaćeša S. i Klašnja M., Tehnologija vode i otpadne vode, Jugoslovensko udruženje pivara, Beograd, 1994
- [7] Službeni glasnik Republike Srpske, br.40, Pravilnik o higijenskoj ispravnosti vode
- [8] BAS ISO/IEC 17025:2006