

# STANJE OPAŽAČKIH BUŠOTINA ZA PODZEMNU VODU: PRIMJERI IZ ZAGREBA I OKOLICE

Borna-Ivan Balaž univ. spec. oecoling., mag. ing. geol.

## UVOD

Podzemno vodno bogatstvo Republike Hrvatske strateški je važan prirodni resurs o kojemu su do sada napisane brojne knjige, kao i mnogi popularni, stručni i znanstveni radovi. Međutim, kako bi se ovaj resurs mogao adekvatno zaštititi te u budućnosti osigurati dobro kvantitativno i kvalitativno stanje, potrebno je redovito i ujednačeno provoditi monitoring podzemnih voda. Upravo u tu svrhu koriste se opažačke bušotine odnosno piezometri (slika 1) pomoću kojih je moguće pratiti promjene razina podzemnih voda te uzimati uzorke za različite analize kojima se procjenjuje kakvoća vode. Oba aspekta monitoringa, i kvantitativno i kvalitativno stanje su izrazito važni upravo zbog činjenice da se u Hrvatskoj većina vodoopskrbnih sustava oslanja dominantno na podzemnu vodu.

Dakle, piezometri su izrazito važni objekti koji nam ovisno o položaju filtera omogućuju uvid u vodonosne slojeve unutar složenih vodonosnih sustava koji se rasprostiru u podzemlju. Osim toga, odgovarajući i reprezentativni broj te adekvatno odabrane lokacije monitoring postaja predstavljaju prvi preduvjet za mogućnost objektivne ocjene kvalitativnog stanja podzemne vode, a sukladno Okvirnoj direktivi o vodama i Direktivi o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće.



Slika 1: Piezometarska bušotina

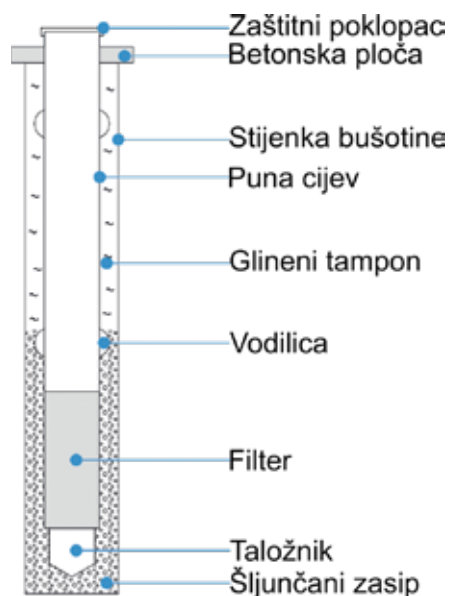
## OPAŽAČKE BUŠOTINE ZA PODZEMNU VODU

Idealno izvedena opažačka bušotina (slika 2) omogućuje uvid u vodonosnik na odabranoj dubini, a osnovni cilj je po dovršetku bušotine dobivati pouzdane i reprezentativne podatke o opažanju potencijala (piezometarske visine) kao i uzorke za praćenje kakvoće podzemne vode (Weight 2008).

Postoje različite vrste bušotina koje se po svojoj namjeni razlikuju od opažačkih. Osnovna namjena opažačkih (piezometarskih) bušotina, za razliku od istraživačkih, proizvodnih i utisnih, je opažanje i praćenje vodonosnika kroz zahtijevani vremenski period (Zelenika 1997). Također, prije izvođenja opažačke bušotine, potrebno je odrediti svrhu monitoringa budući će to utjecati na projektiranje mreže opažačkih bušotina, odabir materijala stijenke i filtera bušotine, odabir materijala za zasip i brtvljenje te način izvođenja bušotine (Barcelona et al. 1983; Geraghty & Miller Inc. 1978). Prema Fetter (2018) postoje barem četiri glavna razloga za monitoring podzemne vode. To su: određivanje kvalitete vode i kemijskih karakteristika na regionalnoj razini; određivanje kvalitete vode i kemijskih karakteristika za specifični zdenac ili crpilište; određivanje razmjera onečišćenja podzemne vode te određivanje ranjivosti podzemne vode na onečišćenje.

U literaturi (na primjer: Striggow 2018) su opisane procedure za svaku komponentu piezometra, od odabira lokacije, promjera, dubine, konstrukcijskih materijala pa sve do propisanih metoda bušenja. Osobito je, prema vodiču "Design and Installation of Monitoring Wells", prilikom projektiranja piezometara potrebno voditi računa o sljedećim smjernicama:

- kratkoročni i dugoročni ciljevi,
- svrha izvedene bušotine,
- trajanje programa monitoringa,
- vrsta parametara koji će se motriti,
- površinski i potpovršinski geološki uvjeti,
- svojstva vodonosnika,
- pozicije filtera,



Slika 2: Shematski prikaz piezometra (prilagođeno prema Miletić i Heinrich-Miletić 1981)

- uvjeti na odabranoj lokaciji i,
- potencijalni zdravstveni i sigurnosni rizici.

Uzimajući u obzir prethodno navedeno, potrebno je pristupiti izvođenju same bušotine te nakon dovršetka bušenja završiti piezometar. Posebnu pozornost potrebno je obratiti na postavljanje i cementiranje cijevi bušotine, postavljanje filtera te odabir materijala zasipa za dovršetak piezometra u nekonsolidiranim materijalima, a kako je opisano u nastavku prema Todd i Mays (2004).



Slika 3: Oštećeni piezometar s područja Zagreba

Cijev bušotine omogućuje pristup s površine do vodonosnika, sprječava prodor površinske i neželjene podzemne vode te osigurava da ne dođe do zarušavanja okolnog materijala. Cementiranjem stijenke bušotine primarno se sprječava prolazak površinske vode nezadovoljavajuće kvalitete, štiti se cijev od vanjske korozije te se stabilizira okolni materijal. Filteri se postavljaju u nekonsolidiranim materijalima kako bi se stabilizirale stijenke bušotine i spriječio prodor sitnozrnog sedimenta u bušotinu te omogućio ulazak maksimalne količine vode. Materijal zasipa naposljetku okružuje primarno zonu oko filtera te stabilizira područje cijevi uz vodonosnik, smanjuje unošenje pijeska i omogućuje formiranje prstenaste zone visoke propusnosti.

### STANJE PIEZOMETARA

Piezometri su dakle važni objekti u hidrogeološkim istraživanjima i općenito govoreći omogućuju sustavno praćenje podzemnih voda. Zbog vrlo malih površinskih dimenzija, često je ljudima teško pojmiti kako se radi o podzemnom objektu koji ima svoju svrhu te čije izvođenje i održavanje zahtijeva financijska sredstva. Neovisno je li namjerno ili nenamjerno, događa se da piezometri budu oštećeni. Takav je primjer iz Zagreba prikazan na slici 3 gdje je prepiljen pokrovni dio poklopca piezometra te je u bušotinu navezeno tlo.

U nastavku su na slici 4 prikazani oštećeni piezometri na širem području Velike Gorice. Kako je vidljivo na primjeru pod a, uklonjen je poklopac na piezometru, betonsko postolje je potrgano i odvojeno od ostatka cijevi bušotine. Primjer pod b prikazuje potrgan i u krivom smjeru okrenut piezometar, zaboden u tlo dok primjeri c i d prikazuju savijen piezometar bez poklopca te prepiljen piezometar djelomično savijene cijevi na betonskoj ploči.

Do samih oštećenja često dolazi nenamjerno i to zbog kretanja primjerice poljoprivrednih strojeva budući se lokacije piezometara mogu nalaziti na poljoprivrednim površinama. Također, vrlo je lako prepoznati i namjerna oštećenja do kojih dolazi zbog različitih razloga. Od znatizelje do, nažalost, opasnih praksi kada se u bušotinu namjerno ispušta otpadna voda, ali i druge opasne tekućine koje nastaju kao produkti različitih proizvodnih procesa. Ono što ljudi često zaboravljaju ili ne znaju jest upravo činjenica kako se na taj način izravno onečišćuje vodonosne slojeve s kojima je bušotina filterom u kontaktu.

Nadalje, većina lokacija piezometarskih bušotina je dio šire mreže monitoring postaja pa oštećenje bušotine ili nemogućnost pristupa nekoj od lokacija ima za posljedicu gubitak podatka i oštećenje instalirane opreme u bušotini. Najčešće je riječ o lokacijama za koje postoje dugi vremenski nizovi podataka pa gubitak pojedine bušotine predstavlja i kraj određenog niza podataka. Tako na primjer gubitak jedne postaje nadzornog ili operativnog monitoringa za praćenje kemijskog stanja podzemne vode predstavlja gubitak

od 4 do 12 podataka u jednoj godini (Hrvatske vode 2022)), budući se parametri ovisno o vrsti monitoring postaje prate upravo u tim vremenskim intervalima. Također treba imati na umu kako se za potrebe ocjene kvalitativnog stanja podzemne vode na grupiranim tijelima, situacija dodatno komplicira. Homogenost mreže mjernih postaja se prema Grath et al. (2001) postiže zadovoljenjem uvjeta od 80 % indeksa reprezentativnosti, a koji se mijenja ovisno o promjeni odnosno gubitku lokacije pojedine bušotine i predstavlja određene izazove u konačnoj ocjeni kemijskog stanja za grupirano tijelo podzemne vode (Balaž et al. 2022).

## ZAKLJUČAK

Opažачke bušotine odnosno piezometri služe za opažanje i uzorkovanje podzemne vode te su dio mreže monitoring postaja za sustavno praćenje kvantitativnog i kvalitativnog stanja podzemne vode na nekom području. Izvođenje novih i održavanje postojećih monitoring postaja za opažanje podzemne vode zahtijeva određena financijska sredstva, pa namjerno ili nenamjerno oštećenje ovih objekata ima više različitih posljedica. Prva posljedica je financijski gubitak zbog dodatnog ulaganja sredstava za revitalizaciju oštećene bušotine ili nabavku i servis oštećene opreme. Drugo, dolazi do gubitka podatka na isključenoj monitoring postaji i prekida cijelog niza podataka. To onda u konačnici predstavlja veći problem prilikom ocjene stanja grupiranog tijela podzemne vode zbog neispunjavanja zahtjeva nacionalne i europske legislativne o homogenosti mjernih postaja. Treće i najvažnije, kada je bušotina oštećena i nije adekvatno zaštićena od površinskih utjecaja postoji mogućnost unosa onečišćenja izravno u vodonosne slojeve te se na taj način izravno onečišćuje podzemna voda.



Slika 4: Oštećeni piezometri na širem području Velike Gorice

Ovi primjeri iz Zagreba i okolice pokazuju kako postoji potreba za edukacijom ljudi o važnosti opažачkih bušotina, ali i podizanja svijesti o zaštiti podzemne vode općenito. ■

## LITERATURA:

Balaž, B. I., Pavlič, K., Nakić, Z. i Kopic, J. 2022. Improving the national monitoring of groundwater chemical status by applying the Ru index.

Barcelona, M. J., Gibb, J. P., i Miller, R. A. 1983. A guide to the selection of materials for monitoring well construction and ground-water sampling. Vol. 327. Illinois State Water Survey.

Brian Striggow 2018. Design and installation of monitoring wells. U.S. Environmental Protection Agency, Science and ecosystem support division, Athens, Georgia. SESDGUID-101-R2.

Direktiva o zaštiti podzemnih voda od onečišćenja i pogoršanja kakvoće (Direktiva o podzemnim vodama - DPV 2006/118/EZ; 2014/80/EZ).

Fetter, C. W. 2018. Applied hydrogeology. Waveland Press.

Geraghty i Miller Inc. 1978. Ground-water monitoring. EPA Contract 68-01-3703. Final Project Report.

Grath, J., Scheidleder, A., Uhlig, S., Weber, K., Kralik, M., Keimel, T. & Gruber, D. 2001. The EU Water Framework Directive: Statistical aspects of the identification of groundwater pollution trends, and aggregation of monitoring results. Final Report.

Hrvatske vode 2022. Plan monitoringa stanja voda u Republici Hrvatskoj u 2021. godini.

Miletić, P. i Heinrich-Miletić, M. 1981. Uvod u kvantitativnu hidrogeologiju. Rudarsko-geološko-naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Okvirna direktiva o vodama - ODV (2000/60/EZ).

Todd, D. K. i Mays, L. W. 2004. Groundwater hydrology. John Wiley & Sons.

Weight, W. D. 2008. Hydrogeology field manual. McGraw-Hill Education.

Zelenika, M. 1997. Groundwater quality and observation wells. Rudarsko-Geološko-Naftni Zbornik. 9(1), 71.



