

PREDLOG SANACIJE BUNARA SA HORIZONTALNIM DRENOVIMA NA BEOGRADSKOM IZVORIŠTU PODZEMNIH VODA

PROPOSED REHABILITATION OF RADIAL COLLECTOR WELLS AT BELGRADE'S GROUNDWATER SOURCE

Dordije Božović¹, Dušan Polomčić², Dragoljub Bajić³

¹JKP Beogradski vodovod i kanalizacija, Deligradska 28, 11000 Beograd. E-mail: djbozovic@gmail.com

²Rudarsko–geološki fakultet, Đušina 7, 110000 Beograd. E-mail: dusan.polomcic@rgf.bg.ac.rs

³Rudarsko–geološki fakultet, Đušina 7, 110000 Beograd. E-mail: dragoljub.bajic@rgf.bg.ac.rs

APSTRAKT: Smanjenje kapaciteta bunara sa horizontalnim drenovima na beogradskom izvorištu podzemnih voda ima takve razmere da je u poslednjih deset godina eksploatacija podzemnih voda opala za oko 1000 l/s, kao posledica procesa starenja bunara. Zaustavljanje daljeg opadanja kapaciteta i obezbeđenje stabilnog vodosnabdevanja je moguće postići samo zamenom dotrajalih drenova. Iako su na prostoru izvorišta u poslednjoj deceniji realizovana obimna hidrogeološka istraživanja, nije odgovoreno na jedno od najznačajnijih ograničenja uspešne sanacije (postizanju zadovoljavajućih i održivih kapaciteta): kako utisnuti drenove u sloju najpovoljnijih litoloških/granulometrijskih i filtracionih odlika? Prilagođavanjem inovirane budimpeštanske metode sanacije bunara u odnosu na hidrogeološke odlike terena beogradskog izvorišta, moguće je drenove utisnuti u najstarijem litostratigrafskom sloju i na taj način postići potpuno iskorišćenje potencijala vodonosne sredine. Rezultati prethodnih hidrodinamičkih ispitivanja reprezentativnog bunara su potvrđeni detaljnom granulometrijskom analizom, koja je ukazala da je deo profila vodonosne sredine u kojem su utisnuti postojeći drenovi nepovoljniji sa aspekta eksploatacije podzemnih voda od sloja u njegovoj podini, zbog čega je nove drenove potrebno utisnuti na nižim kotama. U radu je predstavljen postupak optimalne sanacije bunara.

Ključne reči: bunar sa horizontalnim drenovima, sanacija bunara, zamena drenova.

ABSTRACT: The capacity of radial collector wells at Belgrade's groundwater source has been declining to such an extent that over the past ten years the rate of groundwater extraction dropped by about 1000 l/s, as a result of well ageing. A further decline in capacity can be prevented and consistent water supply ensured only by replacing dilapidated laterals. Although extensive hydrogeological exploration of the site was undertaken in the past ten years, there is still no answer for one of the most important constraints of effective well rehabilitation (achievement of satisfactory and sustainable capacity): how to emplace laterals in the layer that features the best lithologic/grain-size and filtration properties? If the updated Budapest method for well rehabilitation is adapted to the hydrogeological characteristics of Belgrade's groundwater source, it will be possible to install laterals in the oldest lithostratigraphic layer and thus fully harness the aquifer's potential. The results of previous hydrodynamic research of presented well are corroborated by a detailed grain-size analysis, which shows that the part of the aquifer in which the existing laterals are emplaced is inferior to the underlying layer, from a groundwater extraction perspective, wherefore is required to install new laterals at lower elevations. A method of optimal well rehabilitation is presented in this paper.

Key words: radial collector well, well rehabilitation, laterals replacement.

UVOD

Krajem 2015. i početkom 2016. godine, eksploatacija podzemnih voda preko bunara sa horizontalnim drenovima na beogradskom izvorištu je iznosila oko 3 m³/s, što je čini jednakom sa eksploatacijom od pre 45 godina (Dimkić&Pušić, 2014), kada je na izvorištu bilo izgrađeno svega 30-tak bunara. Trenutno, prosečan kapacitet 96 aktivnih (od 99 izgrađenih) bunara iznosi oko 30 l/s, dok se samo za trećinu od ukupnog broja utisnutih drenova može reći da su u zadovoljavajućem stanju. Ovakvo stanje je posledica prirodnih predispozicija vodonosne sredine, neadekvatnog materijala izrade filterskih cevi i režima rada bunara za delovanje procesa korozije i kolmatacije drenova (mehaničke i biohemijske geneze). Zaustavljanje daljeg pada eksploatacije podzemnih voda i povećanje kapaciteta bunara je moguće postići samo zamenom postojećih, dotrajalih drenova.

U poslednjoj deceniji, na izvoristu su realizovana obimna multidisciplinarna istraživanja sa ciljem upoznavanja funkcionalnih veza između litološkog/mehaničkog sastava sedimenata, pojedinih komponenti hemijskog sastava podzemnih voda i aktivnosti određenih vrsta mikroorganizama na proces starenja bunara, kao preduslova njihovih uspešnih sanacija putem utiskivanja novih drenova (Dimkić et al 2011a; Dimkić et al 2011b). Utvrđeno je i da je jedno od najvećih ograničenja u postizanju značajnijih i održivih kapaciteta bunara u uslovima rada sa novim drenovima, to što na najvećem broju bunara drenovi nisu utisnuti u litostratigrafskom sloju najpovoljnijih filtracionih karakteristika, odnosno granulometrijskog sastava. Prema utvrđenoj pravilnosti, u pitanju je najstariji, tj. najdublji deo profila kvartarnih sedimenata u kojima je formirana kaptirana zbijena izdan, što znači da su postojeći drenovi na bunarima utisnuti suviše plitko.

Nedavno je predstavljeno prvo moguće rešenje za prevazilaženje ograničenja konstrukcije bunara na beogradskom izvoristu (Božović et al 5022016a). Ono je zasnovano na iskustvima sanacije bunara na izvoristima u Budimpešti, budući da je i rad tamošnjih bunara bio opterećen intenzivnim procesima starenja. Inovirana budimpeštanska metoda sanacije bunara podrazumeva prethodnu rekonstrukciju vertikalnog betonskog šahta, čime se stvaraju uslovi da se novi drenovi utisnu na većoj dubini u odnosu na prvobitno utisnute. Ova tehnologija, nazvana „bunar u bunaru“, obuhvata probijanje dna betonskog šahta, iskop šljunkovito-peskovitog materijala vodonosne sredine ispod dna šahta sve do kontakta sa podinskim glinama, uz istovremeno paralelno „zacevljivanje“ iskopa novim betonskim šahtom manjeg prečnika unutar starog šahta. Nakon završetka radova na ugradnji novog šahta, pristupa se utiskivanju novih drenova (određene dužine, pravaca i tehničkih karakteristika) na optimalnoj koti, definisanoj na osnovu rezultata hidrodinamičkih ispitivanja i detaljne granulometrijske analize.

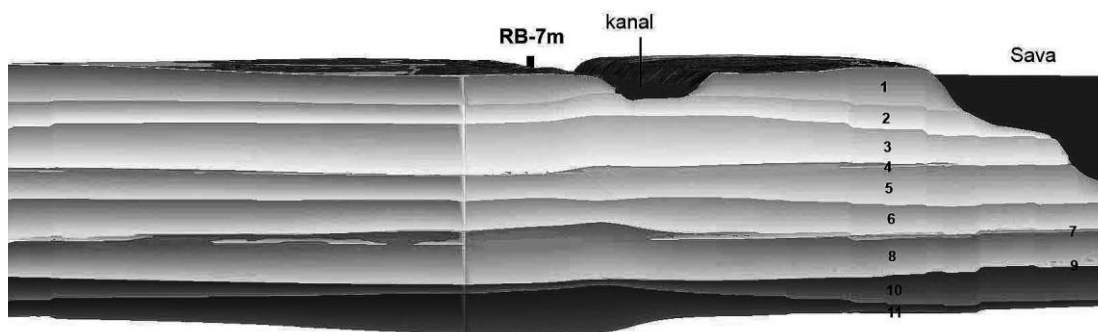
Za primer sanacije bunara na beogradskom izvoristu podzemnih voda je odabran bunar RB-7m, zbog toga što su prethodna ispitivanja na hidrodinamičkom modelu (Božović et al 2016b) pokazala da se najstariji litostratigrafski sloj u paketu aluvijalnih policikličnih naslaga na njegovoj lokaciji odlikuje dvostruko većom vrednošću koeficijenta filtracije u odnosu na sloj u kojem su utisnuti drenovi. Samim tim, utiskivanje novih drenova u okviru ovog sloja rezultiraće većim kapacitetom i povoljnijim hidrauličkim uslovima rada bunara.

GEOLOŠKA GRAĐA I HIDROGEOLOŠKE ODLIKE NEPOSREDNE ZONE BUNARA

Beogradsko izvoriste podzemnih voda je formirano u sedimentima kvartarne starosti i fluvijalne geneze, nataloženim u tektonski predisponiranoj depozicionoj sredini između horsta Fruške gore na severu i samog oboda beogradskog pobrđa na jugu (Toljić et al 2014). Tektonska aktivnost se manifestovala višestrukim izdizanjem oboda basena, uz istovremeno spuštanje njegovog dna (Savskog rova). Iz razloga geodinamičkih kretanja, kao i značajnih klimatskih promena tokom kvartara, na prostoru izvorista su nataloženi sedimenti koji se odlikuju karakterističnom policikličnom građom (Nenadić et al 2009; Gaudenyi et al 2015). Ona se ogleda u višestrukom smenjivanju facija korita i povodnja, uz relativno česte bočne smene sa facijama starača. Budući da je izdizanje oboda basena bilo praćeno intenzivnom erozijom dolinskih strana, to se u građi deponovanih naslaga može prepoznati uticaj bočnih pritoka, koje su imale značajnu ulogu u zapunjavanju prostora basena.

U neposrednoj okolini predmetnog bunara RB-7m, debljina kvartarnih sedimenata iznosi oko 26 m, od čega policikličnim tvorevinama starijeg pleistocena pripada oko 15 m, dok se ostatak odnosi na diskordantno nataložene holocenske naslage savremenog toka Save. Vodonosnu sredinu predstavljaju klastiti različite krupnoće zrna, koji su lokalno interkalirani proslojcima gline i prašinate gline (slika 1).

Najmlađi sedimenti na prostoru izvorista su aluvijalne holocenske tvorevine facije povodnja, predstavljene slabopropusnim glinovitim, glinovito-prašinstim i prašinstim naslagama (na slici 1 su predstavljene brojem 1). U zoni bunara RB-7m njihova debljina iznosi od 3 do 6 m. U hidrogeološkom smislu, imaju funkciju slabo propusne povlate (sa koeficijentima filtracije reda 10^{-8} do 10^{-7} m/s). Zbog svojih filtracionih karakteristika i debljine, pružaju relativno dobru zaštitu vodonosnoj sredini od zagađenja sa površine terena. Faciju savremenog korita Save predstavljaju peskovi i šljunkoviti peskovi. Njen mlađi deo izgrađen je od sitnozrnih do srednjozrnih peskova, ujednačenog granulometrijskog sastava (litostratigrafski član broj 2 na slici 1). U zoni lepeze drenova analiziranog bunara imaju promenljivu debljinu, od 1 do 6 m. Šljunkoviti peskovi predstavljaju bazalni deo savremenog korita (član 3). Kao i u slučaju peskovitog dela ovog kompleksa, i ovaj litostratigrafski član ima promenljivu debljinu.



Slika 1. 3D hidrogeološki model terena uže zone bunara sa horizontalnim drenovima RB-7m.
Figure 1. 3D hydrogeological model of the radial collector well RB-7m area.

Sedimenti starijeg pleistocena imaju potpuno razviće na lokaciji bunara RB-7m, što znači da su analizom rezultata istražnog bušenja identifikovani svi karakteristični litostratigrafski slojevi (Zorić et al 2012). Oni su predstavljeni različitim litofacijama: od peskovitih šljunkova i šljunkovitih peskova, do jednorodnih peskova različitih frakcija zrna. Kao završni članovi svakog ciklusa sedimentacije, lokalno su prisutne gline, alevritske gline i alevriti, promenljive debljine.

Na lokacijama samo 3 od 15 analiziranih bušotina prisutni su tanki proslojci alevrita i muljeva (član 4). Imajući u vidu debljinu (0,2–0,5 m) i hipsometrijski položaj, njihovo prisustvo nema uticaja na filtraciju podzemnih voda prema drenovima bunara RB-7m. Najmlađi (treći po redu) ciklus sedimentacije pleistocenskih naslaga je predstavljen peskovima srednjozrne i sitnozrne granulacije (debljine 2–8 m; član 5). Iako je bunar izgrađen na lokaciji više od 200 m udaljenoj od reke (zbog čega se ne može reći da je vodozahvatni objekat priobalnog tipa), njeno korito je u široj zoni bunara najdublje usečeno upravo neposredno uz desnu obalu. Korito je usečeno do kote 59,0 mnm, što je znatno više u odnosu na generalnu dubinu usecanja na nizvodnom sektoru izvorišta. Samim tim, prihranjivanje izdani na račun infiltracije površinskih voda Save u zoni bunara RB-7m je povoljno. U bazi ovog ciklusa nalaze se šljunkoviti peskovi (član 6), čija se debljina kreće od 2 do 7 m.

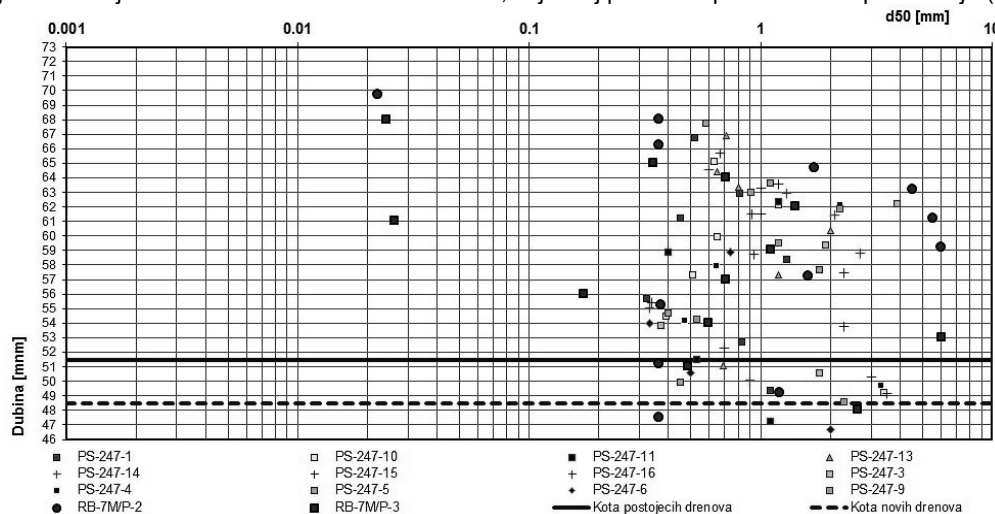
U podini litostratigrafskog člana broj 6, na lokacijama tri bušotine konstatovano je prisustvo alevrita i muljeva nastalih u faciji povodnja (član 7). Imaju značajniju debljinu, od 1,5 do 3 m. Odgovaraju im hidrogeološka svojstva slabo propusnih sedimenata. Drenovi bunara RB-7m su utisnuti u srednjozrnim peskovima sa manjim procentualnim učešćem sitnog šljunka (član 8). U pitanju su vodonosni sedimenti drugog ciklusa sedimentacije. Njihova debljina u zoni bunara varira od 2,5 do 5 m. Filtracione karakteristike su im određene na hidrodinamičkom modelu i njihova reprezentativna vrednost iznosi $K=2 \times 10^{-4}$ m/s. Deponovani su do kote 50,0 mnm, tako da je dno šahta bunara postavljeno na kontaktu ovih tvorevina i litostratigrafskog sloja koji je prisutan u njihovoj podini.

Završna faza prvog ciklusa sedimentacije je zastupljena vrlo tankim (oko 0,1 m) proslojcima prašinate gline nastalim u faciji povodnja. Konstatovani su detaljnim kartiranjem jezgra samo u dvema novim bušotinama. Iako su prisutni oko predložene kote utiskivanja novih drenova, oni neće značajno uticati na rad bunara budući da nemaju kontinualno rasprostranjenje. Međutim, potrebno je izvesti određeni obim novih istražnih radova kako bi se geometrija i mehanički sastav ovog člana detaljnije definisali. Hipsometrijski najniži, tj. najstariji deo profila zbijene izdani u zoni bunara (član 10) je predstavljen srednjozrnim do krupnozrnim peskovima sa 50% učešća šljunkovite komponente. Debljina sloja varira od 2,5 do 5,5 m. Deponovani su u intervalu kota od 50,00 do 46,50 mnm. Reprezentativna vrednosti koeficijenta filtracije ovog sloja, određena na hidrodinamičkom modelu, iznosi $K=4 \times 10^{-4}$ m/s. Dakle, najstariji sloj u profilu kvartarnih naslaga se odlikuje dvostruko većom vrednošću koeficijenta filtracije od sloja u kojem su utisnuti drenovi.

Podinu izdani na gotovo celom prostoru beogradskog izvorišta čine gline i alevritske gline, sivo-zelene boje (član 11). Poznate su kao „jezersko-barsko-terestični sedimenti plio-pleistocena“ (Nenadić et al 2009). Na prostoru izvorišta imaju značajnu debljinu (preko 100 m) i filtracione karakteristike reda $K=1 \times 10^{-8}$ m/s, zbog čega se smatraju vodonepropusnom podinom zbijenoj izdani u priobalju Save.

ANALIZA GRANULOMETRIJSKOG SASTAVA

U cilju provere zaključka hidrodinamičkih istraživanja da najstariji litostratigrafski sloj predstavlja deo vodonosne sredine koji je povoljniji sa aspekta uslova rada bunara i obezbeđenja većih količina podzemnih voda u odnosu na sloj u kojem su utisnuti postojeći drenovi, sprovedena je analiza mehaničkog sastava. Analizom su obuhvaćeni svi litostratigrafski slojevi šematizovani u okviru trodimenzionalnog hidrogeološkog modela. Ona je podrazumevala sagledavanje prostorne distribucije i veličine zrna karakterističnog prečnika d_{50} , na osnovu raspoloživih krivih granulometrijskog sastava. Ovaj prečnik je odabran zbog toga što je osnovni kriterijum za izbor tehnologije utiskivanja drenova mehanički sastav klastita, koji ovaj prečnik reprezentativno predstavlja (slika 2).



Slika 2. Promena veličine prečnika zrna d_{50} po dubini sedimenata u zoni bunara RB-7m.
Figure 2. Change of the d_{50} grain size diameter in depth of Quaternary deposits near RB-7m well.

Analizom promene vrednosti srednjeg prečnika zrna po dubini, uočava se da su prilikom izgradnje bunara drenovi utisnuti u sloju čija prosečna vrednost srednjeg prečnika zrna iznosi oko $d_{50}=0,5$ mm (u rasponu od $d_{50}=0,35-0,7$ mm). U ovoj činjenici se može tražiti razlog intenzivnog kolmiranja drenova i slabih efekata regeneracija tokom eksploatacije analiziranog bunara. Najpovoljniji deo vodonosne sredine za utiskivanje novih drenova u zoni bunara RB-7m se nalazi ispod projektovane kote starih drenova. Ako se kao reprezentativna vrednost sedimenata u intervalu 48,00–49,50 mm, usvoji $d_{50}\approx 2$ mm (u dijapazonu $d_{50}=1,2-3,2$ mm), dobija se da ovaj sloj ima 4 puta veći srednji prečnik zrna od sloja u njegovoj povlati. U slučaju analiziranog bunara, novi drenovi trebaju biti formirani prema Reni tehnologiji.

KONCEPCIJA SANACIJE BUNARA

Budući da je sprovedena analiza potvrdila prethodne zaključke da najstariji/najdublji litostratigrafski sloj ima povoljnija hidrogeološka svojstva u pogledu eksploatacije podzemnih voda u odnosu na sloj u kojem su utisnuti postojeći drenovi, potrebno je stvoriti uslove da se novi drenovi utisnu u okviru ovog dela profila vodonosne sredine. Zbog toga, svi radovi na sanaciji bunara trebaju biti u funkciji postizanja:

- većeg kapacitet bunara (čime se valorizuju visoka investiciona sredstva koja je potrebno obezbediti) i
- povoljnijih hidrauličkih uslova rada bunara, kako bi se obezbedila stabilnost ostvarenog kapaciteta tokom vremena eksploatacije (drugim rečima, kako bi se sprečilo intenzivno starenje bunara).

Sanacija analiziranog bunara RB-7m je koncipirana tako da se radovi izvode u četiri faze. Prva faza se odnosi na dodatna istraživanja i pripremne radove. Druga faza podrazumeva formiranje novog bunarskog šahta. U okviru treće faze će biti izvršeno utiskivanje novih drenova, njihova razrada i testiranje bunara. Na kraju se pristupa aktivnostima na uređenju radilišta i pripremi bunara za uključenje u redovnu eksploataciju.

Kako bi se stvorili uslovi da se drenovi utisnu na većoj dubini u odnosu na postojeće (slika 3), odnosno ispod sadašnjeg dna bunarskog šahta, potrebno je izvršiti rekonstrukciju bunara. Ona započinje privremenim uklanjanjem nadzemne građevine, tj. bunarske kućice. Aktivnosti na rušenju bunarske kućice (prema projektu rušenja, koji je sastavni deo projektne dokumentacije sanacije bunara) spadaju u fazu prethodnih radova, odnosno uređenja radilišta. U okviru ove faze izvodi se izrada dopunskih istražnih bušotina na određenom rastojanju i u određenim pravcima od bunarskog šahta. Potrebno je izraditi po jednu istražnu bušotinu za svaki od projektovanih drenova. Njihovim izvođenjem će se dobiti informacije potrebne za: detaljniju geometrizaciju šematizovanih litostratigrafskih slojeva, prostornu distribuciju sedimenata sa većim vrednostima karakterističnog prečnika zrna d_{50} , finalno definisanje kote i pravaca utiskivanja novih drenova, kao i dimenzionisanje tehničkih karakteristika filterskih cevi.

Nakon uklanjanja kućice, sa površine terena i kroz postojeći šaht prečnika $\varnothing 4,8/4,0$ m, treba izvesti dve istražne bušotine malog prečnika. Njihovim izvođenjem biće omogućeno uzimanje uzoraka za ispitivanje kvaliteta materijala armirano-betonske ploče koja čini bunarsko dno, kao i nearmiranog betonskog čepa ispod ploče. Jedna bušotina treba biti izvedena u centru šahta, a druga neposredno uz unutrašnji zid šahta. Ovakav raspored bušotina je potreban kako bi se definisala i geometrija betonskog čepa na dnu šahta. Na osnovu informacija dobijenih izvođenjem bušotina i laboratorijskim ispitivanjima uzoraka betona, biće određena metoda kojom će se vršiti probijanje dna šahta (hidrauličkim čekićem, rezanjem i dr.). Drugi cilj izrade bušotina kroz dno starog šahta je utvrđivanje tačne debljine sedimenata najdubljeg šljunkovito-peskovitog sloja neposredno ispod dna bunara, kroz koji će se vršiti iskop od probijanja dna do podine. Istražne bušotine treba izvesti tako da budu završene u podinskim glinama u intervalu dužine 1,5 m. Prema laboratorijski određenim geomehaničkim parametrima uzoraka gline, biće usvojena i tehnologija iskopa u intervalu podine.

U fazi pripremnih radova treba pristupiti i izradi armirano-betonskog bloka oko postojećeg šahta na površini terena (u iskopu dimenzija 7,0x7,0x2,0 m). Funkcija bloka je da obezbedi podlogu za fiksiranje dve hidrauličke prese, koje su neophodne za stvaranje dodatnog opterećenja na novi šaht prilikom njegovog spuštavanja do projektovane dubine. U betonskom bloku se postavljaju ankeri, za koje će biti vezane prese.

Druga faza sanacije bunara podrazumeva radove na ugradnji novog šahta manjeg prečnika u okviru starog. Oni počinju probijanjem dna starog šahta po kružnici prečnika 3,0–3,5 m i iznošenjem izlomljenog betona na površinu terena. Od toga koliko je nearmirani betonski čep zadržao svoja svojstva nakon gotovo četiri decenije od formiranja, zavisiće da li će se probijanje armirano-betonske ploče na dnu šahta izvoditi u suvom ili pod vodom, uz angažovanje ronioca. Novi šaht će biti sastavljen od armirano-betonskih prstenastih segmenata prečnika $\varnothing 2,6/2,2$ m i visine 2,5 m. Međusobno povezivanje pojedinih segmenata novog šahta u jedinstvenu krutu celinu (kompoziciju segmenata koja će na kraju postupka činiti jedinstveni šaht bunara) se postiže stezanjem četiri čelične šipke sa navojima, koje su radialno raspoređene i provučene kroz otvore u zidu svakog segmenta, celom njegovom visinom. Šipke polaze od čeličnog „noža“ na dnu prvog segmenta novog šahta, sve do poslednjeg segmenta koji se završava na površini terena.

Stezanje segmenata hidrauličkim kleštima je moguće vršiti samo na površini terena, pri čemu se mogu povezati najviše tri segmenta odjednom. Iz tog razloga nije moguće tri pripremljena segmenta preneti na dno bunara, a zatim nove segmente dodavati unutar starog šahta. Ovo ograničenje uslovljava da se iznađe način da se dodavanje svakog narednog betonskog segmenta vrši na površini terena. Efikasan način za njegovo prevazilaženje jeste da se stari šaht ispuni krupnim valucima šljunka u intervalu od probijenog dna (tj. kontakta sa sedimentima vodonosnog sloja) sve do visine od 5 m ispod površine terena. Tada se povezana tri segmenta novog šahta (visine 7,5 m), uz pomoć dizalice spuštaju u šaht i postavljaju na šljunkovitu ispunu tako da najviši od njih ostaje na površini terena, a preostala dva ispod površine i unutar šahta.

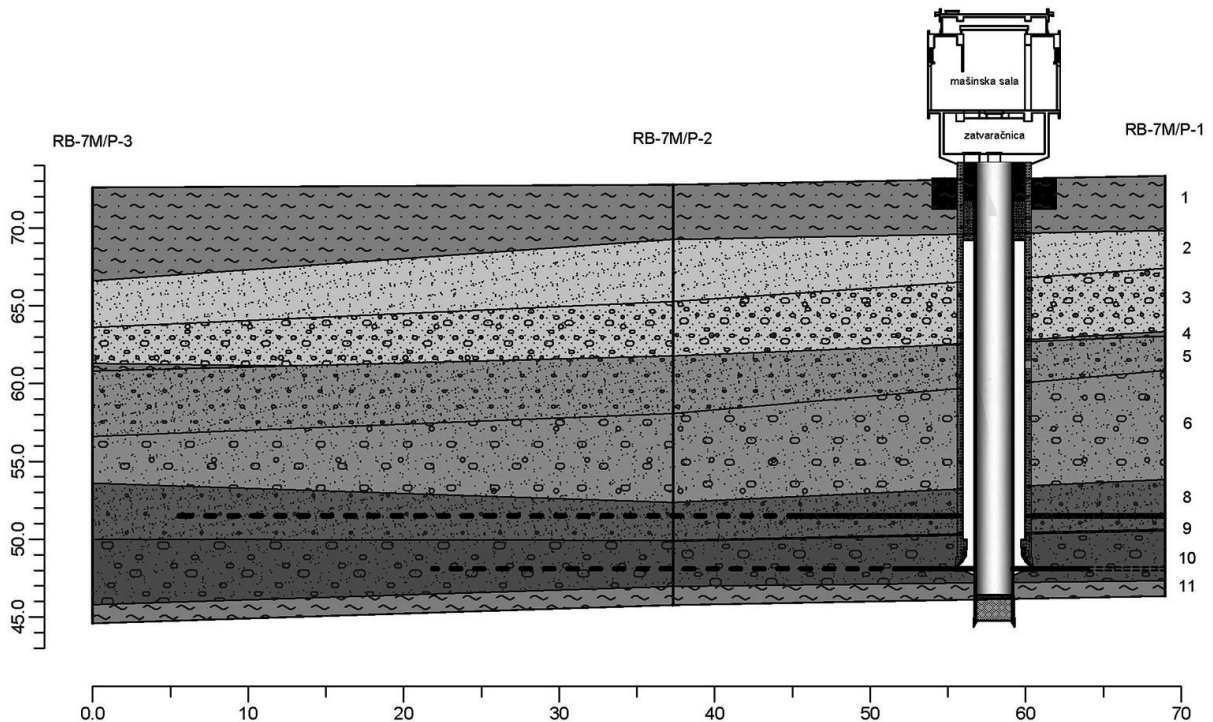
Nakon spuštavanja i centriranja prva tri segmenta, vrši se postavljanje hidrauličkih presa. Dve prese se postavljaju na segmentu koji se nalazi na površini terena. Na vrhu segmenta se prvo postavljaju čelične grede koje služe za ravnomerno prenošenje pritiska presa, kao i za njihovo fiksiranje. Važno je naglasiti da prese ne vrše direktno potiskivanje novog šahta, već se njihovo dejstvo ostvaruje posredno. Naime, prese se postavljaju tako da klipovi imaju hod vertikalno naviše, u smeru suprotnom od smera utiskivanja šahta. Takvim usmerenjem klipova, prese ne vrše direktan potisak na šaht, već zapravo teže da ga izdignu iz terena. Budući da su one čvrstom vezom fiksirane za ankere, a preko njih za betonski blok (kojeg iz razloga njegovih dimenzija i težine ne mogu podići), potisak koji one proizvode menja usmerenje i posredno se prenosi vertikalno naniže, odnosno direktno na najviši segment koji se nalazi na površini terena, a preko njega na ostatak šahta.

Postupak formiranja novog šahta se nastavlja hidrauličkim iskopom krupnog šljunka kojim je ispunjen stari šaht (kroz unutrašnjost novog šahta) i paralelnog zacevljenja iskopa spuštanjem novog šahta pod pritiskom presa. Razlog zbog kojeg se kao ispuna koristi šljunak, krupnog i ujednačenog mehaničkog sastava, je taj što je otpor na trenje o spoljašnju površinu zida novog šahta koje se javlja prilikom njegovog potiskivanja nadole praktično zanemarljiv, pa se iskop i utiskivanje segmenata presama odvija lakše i brže. Istovremeno, ostvaruje se popunjavanje međuprostora debljine 0,7 m između unutrašnjeg prečnika starog šahta i spoljašnjeg prečnika novog šahta.

Prilikom iskopa materijala potrebno je voditi računa da se iskop grajferom ne vrši dublje ispod oboda „noža“ na dnu prvog segmenta novog šahta. Dubina iskopa grajferom treba da bude svega 20–cm ispod dna sečiva. U tolikom intervalu se zatim utiskuje šaht aktiviranjem hidrauličkih presa. U slučaju da se grajferom otkopa dublji interval ispod šahta, može doći do bočnog obrušavanja materijala ispunje, odnosno materijala šljunkovito–peskovitog sloja ispod oboda sečiva, zbog čega bi napredovanje postalo neefikasno. Na ovaj način će se sprečiti i nastanak vertikalne devijacije šahta. Nakon nekoliko manevara spuštavanja grajfera u unutrašnjost novog šahta, zahvatanja i iznošenja materijala, prese se uključuju u pogon i šaht se pod pritiskom spušta do dna prethodno otkopanog intervala.

Nakon što se segment koji se nalazi na površini terena utisne ispod površine (tj. unutar starog šahta), čelične grede koje nose prese, kao i same prese se uklanjaju. Dizalicom se postavlja novi segment na vrhu prethodno potisnutog, a zatim se prese vraćaju u položaj za utiskivanje. Nakon toga počinje ugradnja novopostavljenog segmenta. Svaki segment po obodu svoje gornje površine treba imati fabrički pripremljen kanal za postavljanje gumene trake koja će služiti kao zaptivka kako bi se onemogućio ulazak podzemnih voda u šaht između pojedinih segmenata. Dakle, neophodno je da novi šaht bude apsolutno vodonepropusan kako bi podzemne vode u njega mogle ulaziti samo preko drenova.

Nakon prolaska kroz ispunu, ugradnja šahta se nastavlja iskopom sedimenata najdubljeg litološkog sloja, sve do njegovog kontakta sa glinama u podini. Iskop u sedimentima vodonepropusne podine kvartarne izdani se vrši zamenom grajfera namenski konstruisanim svrdlom (mada su mogući i drugi pristupi). Na kraju druge faze, kada dno šahta postigne projektovanu dubinu, vrši se betoniranje njegovog dna u intervalu u kojem je utisnut u podini. Kao poslednja aktivnost formiranja novog šahta, iz njega se crpi voda i pristupa ispitivanju vodonepropusnosti.



Slika 3. Konstrukcija bunara sa horizontalnim drenovima RB–7m nakon predložene sanacije.

Figure 3. Construction of radial collector well RB–7m after proposed rehabilitation.

Treća faza radova na sanaciji bunara RB-7m podrazumeva utiskivanje novih drenova. Ona će biti pojednostavljena time što se neće vršiti prethodno probijanje zida bunarskog šahta, kako je to uobičajeno pri utiskivanju svakog novog drena. Segment novog šahta iz kojeg će se vršiti utiskivanje drenova na projektovanoj dubini je takav da ima fabrički pripremljene otvore zbog čega nije potrebno vršiti probijanje njegovog zida. U ovoj fazi radova se vrši postavljanje uobičajene radne platforme, pumpi za iznošenje mulja i vode iz šahta, prese za utiskivanje i ostale opreme. U slučaju analiziranog bunara RB-7m, kota utiskivanja 48,20 mnm približno odgovara sredini debljine najdubljeg litostratigrafskog sloja, što predstavlja najpovoljniju kotu utiskivanja. Optimalan broj i dužina drenova se definišu ispitivanjima na hidrodinamičkom modelu. Konačan pravac drenova i dimenzije otvora na mostičavoj filterskoj konstrukciji treba odrediti u skladu sa rezultatima prethodnog izvođenja istražnih bušotina sa pratećim laboratorijskim analizama.

Završna fazu sanacije bunara obuhvata vraćanje vodozahvatnog objekta i radišta u prvobitno stanje. Od prvog dana uključanja bunara u eksploataciju sa novim drenovima, potrebno je vršiti monitoring parametara potrebnih za analizu režima rada bunara i registrovanje efekata koje ukazuju na proces kolmiranja.

ZAKLJUČAK

Hidrogeološke odlike terena beogradskog izvorišta podzemnih voda su takve da najstariji litostratigrafski sloj u paketu fluvijalnih policikličnih naslaga kvartarne starosti, predstavlja deo profila vodonosne sredine koji je najpovoljniji sa aspekta zahvatanja podzemnih voda i uslova rada bunara sa horizontalnim drenovima. Na većini bunara drenovi nisu utisnuti u ovom sloju, zbog čega je postojala potreba da se iznađe rešenje kojim bi se otklonilo ograničenje konstrukcije bunara, nastalo prilikom njihove izgradnje. Na primeru jednog bunara, predstavljen je postupak putem kog je moguće drenove utisnuti ispod dna bunarskog šahta, po ugledu na sanaciju bunara u Budimpešti. Dalja unapređenja predložene metode su moguća kroz definisanje tehničkog rešenja prema kojem bi bunar dobio teleskopsku konstrukciju, ugradnjom šahta manjeg prečnika u intervalu od dna postojećeg šahta do podine izdani, kao i smanjenja obima pripremnih radova, što će uticati na umanjivanje visokih investicionih sredstava potrebnih za realizaciju sanacije.

LITERATURA

- BOŽOVIĆ Đ., POLOMČIĆ D., BAJIĆ D., 2016a: *Inovirana budimpeštanska metoda revitalizacije bunara sa horizontalnim drenovima i mogućnosti njene primene na beogradskom izvorištu podzemnih voda*, Tehnika, In press.
- BOŽOVIĆ Đ., POLOMČIĆ D., BAJIĆ D., 2016b: *Hidrodinamička analiza opravdanosti sanacije bunara sa horizontalnim drenovima na beogradskom izvorištu podzemnih voda utiskivanjem novih drenova na većoj dubini*, Geološki anali Balkanskoga poluostrva, Submitted.
- DIMKIĆ M., PUŠIĆ M., 2014: *Correlation Between Entrance Velocities, Increase in Local Hydraulic Resistances and Redox Potential of Alluvial Groundwater Sources*, Journal of Serbian Water Pollution Control Society „Water Research and Management“, ISSN 2217-5237, vol. 4, no. 4, 3-23.
- DIMKIĆ M., PUŠIĆ M., VIDOVIĆ D., PETKOVIĆ A., BORELI-ZDRAVKOVIĆ Đ., 2011a: *Several natural indicators of radial well ageing at the Belgrade Groundwater Source, Part 1*, Water Science & Technology, IWA Publishing, London, ISSN 0273-1223, vol. 63, no. 11, 2560-2566.
- DIMKIĆ M., PUŠIĆ M., OBRADOVIĆ V., ĐURIĆ D., 2011b: *Several natural indicators of radial well ageing at the Belgrade Groundwater Source, Part 2*, Water Science & Technology, IWA Publishing, London, ISSN 0273-1223, vol. 63, no. 11, 2567-2574.
- GAUDÉNY T., NENADIĆ D., STEJIĆ P., JOVANOVIĆ M., BOGIĆEVIĆ K., 2015: *The stratigraphy of the Serbian Pleistocene Corbicula beds*, Quaternary International, 357, 4-21.
- NENADIĆ D., KNEŽEVIĆ S., BOGIĆEVIĆ K., 2009: *Stratigraphical and paleogeographical characteristics of Pleistocene series in the Sava riparian area at Belgrade (Serbia)*, Bulletin of the Natural History Museum, 2: 63-80.
- TOLJIĆ M., NENADIĆ D., STOJADINOVIĆ U., GAUDÉNYI T., BOGIĆEVIĆ K., 2014: *Quaternary tectonic and depositional evolution of eastern Srem (northwest Serbia)*, Geološki anali Balkanskoga poluostrva, 75, 43-57.
- ZORIĆ M., SLIMAK T., VRVIĆ N., 2012: *Metodologija izrade hidrogeološkog modela na primeru bunara sa horizontalnim drenovima RB-16 na Adi Ciganliji*, XIV Srpski hidrogeološki simpozijum sa međunarodnim učešćem, Zlatibor, 57-62.

UNIVERZITET U BEOGRADU
RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET
DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

HG

XV SRPSKI SIMPOZIJUM
O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem
ZBORNİK RADOVA



KOPAONIK- GRAND HOTEL & SPA
14-17. septembar 2016. god



XV SRPSKI SIMPOZIJUM O HIDROGEOLOGIJI
sa međunarodnim učešćem

ZBORNİK RADOVA

IZDAVAČ:

Univerzitet u Beogradu
Rudarsko-geološki fakultet
Đušina 7, Beograd

ZA IZDAVAČA:

Prof. dr Dušan Polomčić, dekan
Rudarsko-geološki fakultet

TEHNIČKI UREDNICI:

Dr Ana Vranješ, dipl.inž
Milan Vukićević, dipl.inž
Sonja Drobac

TIRAŽ:

150 primeraka

ŠTAMPA:

Štamparija Grafolik, Beograd 2016.

Naučno-nastavno veće Rudarsko-geološkog fakulteta na sednici održanoj 18.06.2015. dalo je saglasnost za organizovanje XV srpskog simpozijuma o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem u organizaciji Departmana za hidrogeologiju.

CIP - Каталогизација у публикацији - Народна библиотека Србије, Београд

556(082)
628.1(082)

СРПСКИ симпозијум о хидрогеологији са међународним учешћем (15; 2016; Копаник)
Zbornik radova / XV Srpski simpozijum o hidrogeologiji sa međunarodnim učešćem, Kopaonik 14-17. septembar 2016. godine. - Beograd : Univerzitet, Rudarsko-geološki fakultet, 2016 (Beograd : Grafolik).
- [22], 690 str. : ilustr.; 30 cm

Na vrhu nasl. str.: Departman za hidrogeologiju. - Radovi ćir.i lat. -
Tiraž 150. - Str. [5-6]: Uvodna reć organizatora / Dejan Milenić, Zoran Stevanović. - Abstracts. - Bibliografija uz svaki rad.

ISBN 978-86-7352-316-3

a) Хидрогеологија - Зборници b) Снабдевање водом - Зборници
COBISS.SR-ID 225745420

ORGANIZACIONI ODBOR:

Predsjednik:

Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.

Generalni sekretar i sekretar organizacionog i naučnog odbora:

dr Ana Vranješ, dipl. inž.

Članovi:

1. *Prof. dr Olivera Krunić, dipl. inž.*
2. *Prof. dr Vesna Ristić Vakanjac, dipl. inž.*
3. *Prof. dr Zoran Nikić, dipl. inž.*
4. *Dr Vladimir Beličević, dipl. inž.*
5. *Dr Adam Dangić, dipl. inž.*
6. *Mihajlo Mandić, dipl. inž.*
7. *Velizar Nikolić, dipl. inž.*
8. *Dragan Mitrović, dipl. inž.*
9. *Dejan Drašković, dipl. inž.*
10. *Ivan Đokić, dipl. inž.*
11. *Branko Ivanković, dipl. inž.*
12. *Zorica Vukićević, dipl. inž.*
13. *Milan Radulović, dipl. inž.*
14. *Uroš Urošević, dipl. inž.*
15. *Zoran Radenković, dipl. inž.*

NAUČNI ODBOR:

Predsjednik:

Prof. dr Zoran Stevanović, dipl. inž.

Članovi:

1. *Prof. dr Nenad Banjac, dipl. inž.*
2. *Prof. dr Petar Milanović, dipl. inž.*
3. *Prof. dr Nadežda Dimitrijević, dipl. inž.*
4. *Prof. dr Borivoje Mijatović, dipl. inž.*
5. *Prof. dr Milan Dimkić, dipl. inž.*
6. *Prof. dr Mićko Radulović, dipl. inž.*
7. *Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.*
8. *Prof. dr Milojko Lazić, dipl. inž.*
9. *Prof. dr Veselin Dragišić, dipl. inž.*
10. *Prof. dr Milenko Pušić, dipl. inž.*
11. *Prof. dr Petar Papić, dipl. hem.*
12. *Prof. dr Zoran Nikić, dipl. inž.*
13. *Dr Milenko Vasiljević, dipl. inž.*
14. *Prof. dr Vojislav Tomić, dipl. inž. (u penziji)*
15. *Prof. dr Ivan Matić, dipl. inž. (u penziji)*
16. *Prof. dr Slobodan Vujasinović, dipl. inž. (u penziji)*
17. *Dr Metka Petrič, dipl. inž.*
18. *Dr Tamara Marković, dipl. inž.*
19. *Prof. dr Neđo Đurić, dipl. inž.*
20. *Dr Konstantin Jovanović, dipl. inž.*
21. *Jugoslav Nikolić, dipl. inž.*

UREĐIVAČKI ODBOR:

Predsjednici:

Prof. dr Dušan Polomčić, dipl. inž.

Prof. dr Dejan Milenić, dipl. inž.

Članovi:

Prof. dr Petar Dokmanović, dipl. inž.

Prof. dr Igor Jemcov, dipl. inž.

Nenad Toholj, dipl. inž.

Boban Jolović, dipl. inž.

Spasoje Glavaš, dipl. inž.

Ivana Demić, dipl. inž.

Žarko Veljković, dipl. inž.

Andrej Pavlović, dipl. inž.

Milan Vukićević, dipl. inž.

ORGANIZATOR SIMPOZIJUMA:

UNIVERZITET U BEOGRADU

RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET

DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU

u saradnji sa

DRUŠTVOM GEOLOŠKIH INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

SRPSKIM GEOLOŠKIM DRUŠTVOM

NACIONALNIM KOMITETOM IAH

SPONZORI:

GENERALNI SPONZOR:

REHAU d.o.o.

G.P. KOMBO d.o.o.

THERMO OPTIMAL PROCESS COMPANY d.o.o.

POKROVITELJ:

MILLENNIUM TEAM

SPONZORI:

DEPARTMAN ZA HIDROGEOLOGIJU, RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET

UNIVERZITET U BEOGRADU, RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET

BEOGEOAQUA d.o.o.

GECO d.o.o.

INSTITUT ZA VODOPRIVREDU „JAROSLAV ČERNI“

SPA OVČA

DONATORI:

Ibis-Inženjering d.o.o.

Hidrogeocentar d.o.o.

Uvodna reč organizatora

Nakon 10 godina od simpozijuma hidrogeologa održanog u Herceg Novom 2002. godine (u tadašnjoj državnoj zajednici Srbije i Crne Gore), i više od 40 godina od kako su se hidrogeolozi istraživači inženjerske geologije u bivšoj SFRJ Jugoslaviji prvi put okupili da na zajedničkom skupu razmene iskustva i utvrde pravce razvoja ovih primenjenih geoloških disciplina, XIV srpski hidrogeološki simpozijum održan je od 17-20. maja 2012., na Zlatiboru, čime je ponovo uspostavljen kontinuitet nacionalnih srpskih hidrogeoloških Simpozijuma.

Ovaj na neki način jubilarni XV-ti srpski hidrogeološki simpozijum održava se na Kopaoniku, od 14-og do 17-og septembra 2016. godine. Njime se potvrđuje ustanovljeni kontinuitet sa prethodnog XIV Simpozijuma i definitivno izgrađuje put ka regularnim četvorogodišnjim ciklusima održavanja. Uz, takođe redovno četvorogodišnje održavanje nacionalnih geoloških Kongresa (samo u ciklusima pomerenim za dve godine u odnosu na hidrogeološke), stiže se i stvara prilika da naše kolege hidrogeološke struke u redovnim dvogodišnjim ciklusima prezentuju svoje radove i dostignuća.

Na XV-om simpozijumu će biti prezentovan rekordan broj radova, ukupno 116, što je više od prethodnog (tada rekordnog sa 108), a dvostruko više od proseka iz poslednjih decenija prošlog veka sa Simpozijuma koji je uključivao i širi prostor, ali i dve srodne geološke discipline. Uz ove podatke, posebno se naglašava činjenica da će u prvom danu ovogodišnjeg Simpozijuma, na posebnoj tematskoj sednici biti prezentovani tematski referati kolega iz svih 6 država koje su nastale nakon raspada SFRJ i gde će se na jednom mestu videti dostignuća i pravci razvoja u svakoj od država. Na posebno organizovanom okruglom stolu, razmotriće se i uslovi i mogućnosti zajedničke saradnje na međudržavnim projektima kao i zajednička apliciranja za naučne projekte koje finansiraju nadnacionalne institucije poput EU, UN itd. Za XV-ti simpozijum prijavljen je veliki broj učesnika iz Srbije i regiona sa preko 170 autora na radovima. Uslovi u kojima se XV simpozijum održava su, iako ne sjajni, ipak bolji za geološku struku i nauku u Srbiji. Poslednji Zakon o rudarstvu i geološkim istraživanjima iz 2015. uvažio je dobar broj stavova strukovnih i naučnih institucija, pa iako i dalje geolozi nemaju samostalni Zakon o geološkim istraživanjima, celokupna geološka nauka i struka kreću se u boljem pravcu nego što je to bilo tokom 2011-te i kasnijih godina.

Simpozijum će se odvijati u paralelnom radu u tri osnovne grupe sa više tematskih celina. Pored prezentacije radova, biće održani pomenuti okrugli sto na temu aktuelnog stanja i statusa hidrogeološke struke, biće realizovana stručna ekskurzija po južnom i zapadnom obodu kopaoničkog masiva, kao i panel diskusije sa mladim inženjerima i studentima o njihovom statusu i perspektivama struke koje su uspostavljene na prošlom Simpozijumu. Kao i na Zlatiboru 2012., posebna celina biće studentski radovi koji postaju tradicionalni deo Simpozijuma. Iskreno će zadovoljstvo biti susret sa kolegama koji su 2012-te izlagali radove kao studenti, a na ovom Simpozijumu kao već formirani inženjeri.

Organizacioni i Naučni odbor su radove u ovom Zborniku organizovali po hronološkom principu, odnosno po vremenu pristizanja radova, kako ne bi došlo do bilo kakvih „razmišljanja“ o vrednostima i drugim valorizovanjima radova, a imajući u vidu da je svaki revidovan kako u apstraktu tako i u punom radu.

Imajući u vidu složene ekonomske uslove u kojima se Simpozijum organizuje, organizatori izražavaju posebnu zahvalnost sponzorskom pulu sačinjenom od desetak poznatih domaćih i stranih organizacija i kompanija, posebno generalnom sponzoru simpozijuma kompaniji REHAU (sa pratećim kompanijama GP Kombo i TOP Company) koji već duži niz godina aktivno saraduje sa našim kolegama hidrogeolozima, posebno u domenu istraživanja i eksploatacije geotermalnih resursa i energije.

Bez podrške naših domaćina bilo bi jako teško realizovati ambiciozan program koji je planiran tokom XV simpozijuma. Posebno se zahvaljujemo menadžmentu i osoblju hotela „Grand“, kao i drugim hotelima iz sastava MK Grupe na Kopaoniku na prijemu i pomoći u organizaciji boravka i uslova za rad. Zahvaljujući se i svim učesnicima na izuzetnom odzivu, želimo srdačnu dobrodošlicu, ugodan boravak i uspešan rad simpozijuma.

Predsednik Organizacionog odbora
Dejan Milenić

Predsednik Naučnog odbora
Zoran Stevanović

SADRŽAJ

PLENARNA PREDAVANJA

Zoran Stevanović

O stvaranju preduslova za održivo korišćenje resursa podzemnih voda za vodosnabdevanje u Srbiji.....	1
--	---

Dejan Milenić, Ana Vranješ

Istraživanje i pravci razvoja geotermalnih resursa u konceptu energetskog razvoja Republike Srbije u XXI veku.....	13
--	----

Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić, Jelena Ratković

Reprezentativnost hidrodinamičkih modela – prikaz savremenih tehnika u izradi i etaloniranju modela.....	33
--	----

Milan Dimkić, Miodrag Milovanović

Mesto podzemnih voda u rešavanju problematike voda u Srbiji.....	51
--	----

TEMATSKA PREDAVANJA

Boban Jolović, Nenad Toholj, Spasoje Glavaš

Istorijat hidrogeoloških istraživanja na teritoriji Republike Srpske.....	63
---	----

Mićko Radulović, Zdenka Ivanović, Milan M. Radulović, Momčilo Blagojević, Marina Jovanović

Mjesto i uloga podzemnih voda u strategiji upravljanja vodnim resursima Crne Gore.....	71
--	----

Kostadin Jovanov

Mesto i uloga podzemnih voda u Republici Makedoniji.....	89
--	----

Metka Petrič

Pregled novjših raziskav in aktivnosti na področju hidrogeologije v Sloveniji.....	97
--	----

Tamara Marković

Promjene u hidrogeološkim istraživanjima u Hrvatskoj tijekom petnaestogodišnjeg perioda.....	105
---	-----

Zoran Stevanović

Stanje i perspektive sistematskih hidrogeoloških istraživanja u kontekstu održivog razvoja Srbije.....	107
---	-----

VODOSNABDEVANJE I UPRAVLJANJE PODZEMNIM VODAMA

Ninoslav Spasojević

Hidrogeološki resursi Semberije u svrhu vodosnabdjevanja.....	117
---	-----

Zoran Popović, Ljiljana Popović, Dragan Mihajlović

Likvidacija bunara u cilju očuvanja kvaliteta podzemnih voda na izvorištu "Coca-cola" u Zemunu.....	123
--	-----

Vladimir Stojadinović, Dušan Stojadinović

Hidrogeološke karakteristike aluviona reke Čemernice.....	129
---	-----

Ferid Skopljak

Rejonizacija podzemnih voda područja Ilidže kod Sarajeva, Bosna i Hercegovina.....	133
---	-----

Aca Udicki, Zoran Nikić

Znanje hidrogeologa - strateški resurs Srbije.....	135
--	-----

**Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić, Jelena Močević, Slavko Špadijer,
Dejan Drašković**

Simulacija eksploatacionog režima i određivanje radijusa uticaja izvorišta podzemnih voda „Pramenac“ i „Beljina“ (Čačak).....	141
--	-----

Goran Marinković, Katarina Samolov, Marija Malbaša, Nikola Predić

Hidrogeološki potencijal kvartarnih nanosa u slivu Puste reke.....	147
--	-----

**Ranko Vukićević, Ivana Obradović, Ivana Đinđić, Tijana Vinčić,
Ljupka Mrkonja, Dejan Drašković**

Analiza rezultata monitoringa režima podzemnih voda na izvoristu „Petrovaradinska ada“ nakon utiskivanja drenova.....	153
--	-----

**Petar Dokmanović, Zoran Stevanović, Bojan Hajdin, Saša Milanović,
Vesna Ristić – Vakanjac, Veljko Marinović**

Koncept proširenja i unapređenja nacionalne monitoring mreže podzemnih voda.....	159
---	-----

**Veljko Marinović, Branislav Petrović, Zoran Stevanović,
Saša Milanović, Ljiljana Vasić**

Procena kvalitativnog pritiska na podzemne vode na primeru karstnog platoa Babine (JZ Srbija).....	167
---	-----

**Ivana Đinđić, Milan Planinčić, Ivana Obradović, Tijana Vinčić,
Slavko Špadijer, Dejan Drašković, Ljupka Mrkonja**

Uticaj odvodnjavanja površinskog kopa „Tamnava“ na režim podzemnih voda izvorišta „Kalenić“.....	173
---	-----

Nenad Toholj, Vojislav Tomić, Boban Jolović, Spasoje Glavaš

Nova saznanja u istraživanju pitke vode izvorišta “Banjica” u Raševu, opština Milići.....	179
--	-----

**Sunčica Ninković, Nebojša Atanacković, Sava Magazinović,
Jakov Andrijašević, Mihailo Šević**

Ocena kvaliteta i mogućnost korišćenja podzemnih voda za piće i navodnjavanje u slivu reke Ralje.....	183
--	-----

Vlado Savić, Peter Frantar, Mišo Andjelov, Jože Uhan

Analiza vodnih virov in optimizacija mreže postaj podzemnih voda Ljubljanskega polja.....	189
--	-----

Metka Petrič, Janja Kogovšek, Blaž Kogovšek

Uporaba sledilnih poskusov z umetnimi sledili na Slovenskem krasu.....	195
---	-----

Milenko Pušić, Milan Dimkić

- Primer analize uticaja propusnosti rečnog dna i međusloja
izdani na strujanje podzemnih voda ka bunaru..... 201

**Branko Ivanković, Miloško Lazić, Petar Begović, Božidar Ivanković,
Nataša Bajić**

- Mogućnost višenamjenskog korišćenja podzemnih voda
na širem području Kokora, opština Prnjavor..... 207

Petar Begović, Branko Ivanković

- Hidrogeološki potencijal zapadne Republike Srpske
sa aspekta flaširanja podzemnih voda..... 213

Predrag Pajić, Uroš Urošević, Dušan Polomčić

- Analiza uticaja uspora hidroelektrane „Đerdap 1“ na
meliorativna područja u priobalju Dunava –
primer meliorativnog područja „Nera-kanal DTD“..... 219

Neven Miošić, Natalija Samardžić

- Definiranje hidrogeoloških odnosa deponije anodnog mulja
„Dobro selo“ i snažnih krških izvora kod Mostara, Bosna i Hercegovina.... 225

Daniela Radoš, Dragan Budošan

- Osvrt na postojeću zakonsku regulativu i procedure iz oblasti istraživanja
i korišćenja resursa podzemnih voda i geotermalnih resursa..... 235

GEOTERMALNA ENERGIJA**Ninoslav Spasojević**

- Istorijat istraživanja geotermalne energije
sa prikazom stanja geotermalnih bušotina Semberije..... 241

Ivana Demić, Andrey Antropov

- Procena uticaja pretakanja CO₂ iz ležišta Bečej u pliće
porozne slojeve te interpretacija podataka u sklopu
aktivnosti na projektu Mirecol..... 247

Andrej Lapanje, Dušan Rajver, Nina Rman, Joerg Prestor

Vizija razvoja rabe geotermalne energije v Sloveniji..... 249

Slobodan Kolbah, Mladen Škrlec

Kvantifikacija indiciranog energetskeg
geotermalnog potencijala Hrvatske..... 253

Branimir Lazić, Jovan Nikolić, Vladimir Lazić

Prikaz rezultata hidrogeotermalnih istraživanja na području
JKP gradske toplane u Nišu..... 259

Tamara Marković, Staša Borović, Ozren Larva

Primjena stabilnih izotopa kisika i vodika u
istraživanjima termalnih sustava..... 265

Nataša Ćuković Ignjatović, Dušan Ignjatović

Unapređenja energetske efikasnosti stambenih zgrada
u otvorenim gradskim blokovima..... 269

Željko Kljajić, Miloško Lazić, Olivera Krunic

Značaj poznavanja geotermalnih gradijenata u istraživanju
termomineralnih voda Kostolačkog neogenog basena..... 275

Srdjan Milenković, Velizar Nikolić

Istraživanje i korišćenje podzemnih voda i geotermalnih resursa
u novom zakonu o rudarstvu i geološkim istraživanjima - kratak osvrt..... 277

Nebojša Stanić

Inovativno korišćenje subgeotermalne energije –
RAUGEO HPR dubinske sonde..... 279

Dejan Milenić, Ana Vranješ,

Procena geotermalne potencijalnosti AP Vojvodina..... 283

**Ivan Deljanin, Nenad Doroslovac, Đuro Milanković, Ana Vranješ,
Dejan Milenić**

Uslovi i način izrade duboke geotermalne sonde
na delu kopaoničkog masiva..... 291

Nenad Doroslovac, Milan Vukićević, Đuro Milanković

Višenamensko korišćenje termomineralnih voda na primeru Toplica Sveti Martin u Hrvatskoj.....	297
--	-----

Dejan Milenić, Ana Vranješ,

Mesto i uloga subgeotermalnih izvora energije u konceptu povećanja energetske efikasnosti u zgradarstvu.....	303
---	-----

**Ivan Đokić, Mirko Čekić, Gordana Letić, Sibela Oudech,
Vlade Čanić, Bojan Nikolić**

Prilog poznavanju hidrogeotermalne potencijalnosti područja Sente - istražno-eksploatacioni bunar Se-1/H.....	309
--	-----

Nina Rman, Andrej Lapanje, Tjaša Kanduč, Kim Mezga

Razvoj podzemne vode v regionalnih geotermalnih vodonosnikih vzhodne Slovenije.....	315
--	-----

TERMOMINERALNE VODE**Jana Štrbački, Maja Todorović, Marina Ćuk, Jakov Andrijašević,
Petar Papić**

Hidrohemijska karakterizacija mineralnih voda Srbije primenom multivarijantne statističke analize.....	321
---	-----

Milan Tomić, Žarko Veljković

Hidrogeološke karakteristike termomineralnih-lekovitih voda Bačke.....	325
--	-----

Milan Tomić, Katarina Samolov, Žarko Veljković, Goran Marinković

Prikaz istraživanja mineralizovanih podzemnih voda na području južnog i srednjeg Banata.....	329
---	-----

Marina Ćuk, Petar Papić, Igor Jemcov

Primena neparametarskih statističkih metoda na primeru analize radioaktivnih osobina podzemnih voda.....	333
---	-----

Nenad Doroslovac, Nevena Đerić, Ivan Deljanin, Bojan Dončev

Višenamensko korišćenje termomineralnih voda Rajčinovića banje..... 339

Goran Marinković, Petar Papić, Veselin Dragišić

Hidrogeološke strukture Sijarinske i Mladenovačke „Selters“ banje..... 345

**Olivera Krunić, Gordana Subakov – Simić, Slađana Popović,
Milojko Lazić, Željko Kljajić, Vladimir Šaraba**

Hidrogeobiologija fototrofnih mikroorganizama u biofilmovima odabranih
pojava termomineralnih voda Srbije..... 351

Olivera Krunić, Milojko Lazić

Hidrogeobiologija i njen značaj kao naučne discipline
u hidrogeološkim istraživanjima..... 357

Jovan Nikolić, Vladan Đokić, Branimir Lazić, Slađana Živanović

Pojave “Gorkih voda” u naselju Torda kod Žitišta..... 363

Vladan Đokić, Jovan Nikolić, Branimir Lazić

Pojave ugljikiselih voda na lokalitetu Borjak 2 u Vrnjačkoj banji..... 369

Maja Todorović, Petar Papić

Hidrohemijski podaci ispod granice detekcije
u hidrogeološkim istraživanjima..... 375

Eftimi Romeo, Amataj Sokrat, Zoto Jovan

About the possibility of sea water intrusion in Fushe Kuqe
gravely coastal aquifer; application of environmental
hydrochemical and isotope methods..... 381

**Ivan Đokić, Sibela Oudech, Gordana Letić, Mirko Čekić, Vlade Čanić,
Bojan Nikolić**

Specifičnosti prirodne mineralne vode “Mivela-Mg”
sa posebnim osvrtom na kvalitet resursa..... 383

HIDROGEOLOGIJA ŽIVOTNE SREDINE

Zoran Nikić, Petar Dokmanović, Nenad Marić

- Specifičnosti hidrogeoloških uslova terena Visok kraj i njihov uticaj na režim proticaja Visočice (istočna Srbija)..... 389

Milorad Kličković

- Rezultati hidrogeoloških istraživanja vrela Kravlje kod Niša..... 395

Branislav Petrović, Veljko Marinović

- Ocena prirodne ranjivosti podzemnih voda karstne izdani Suve planine.... 401

Marina Čokorilo Ilić

- Hidrološke i hidrogeološke specifičnosti reke Zalomke (istočna Hercegovina)..... 407

Zdravko Pantelić

- Hidrohemijske karakteristike karstnih vrela Pešterske visoravni..... 413

Tanja Petrović Pantić, Jovana Nikolov, Milan Tomić, Tamara Marković, Nataša Todorović

- Primena izotopskih analiza pri proučavanju podzemnih voda Vojvodine.... 419

Dejan Drašković, Dušan Polomčić, Slavko Špadijer, Ivana Đinđić, Tijana Vinčić, Ivana Obradović, Ljupka Mrkonja

- Metodologija istraživanja za potrebe zaštite izvorišta vodosnabdevanja grada Čačka i mogućnost usklađivanja sa važećim zakonskim regulativama..... 425

Vojislav Tomić

- Prilog poznavanju vodoprovodnosti stena sa pukotinskom strukturom poroznosti..... 431

Ljiljana Popović, Zoran Popović, Vesna Ristić Vakanjac, Boris Vakanjac, Marijana Mandić

- Trenutno stanje i moguće posledice nekontrolisane eksploatacije šljunka po životnu sredinu i vodosnabdevanje - primer Velike Morave..... 435

**Vesna Ristić Vakanjac, Marina Čokorilo Ilić,
Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić, Nikola Vojvodić**

Analiza režima i bilans Gostiljskog vrela..... 441

**Igor Jemcov, Jovana Radosavljević, Jovana Šišović, Ana Mladenović,
Radmila Pavlović, Branislav Trivić**

Uticaj hidrotehničkog tunela HE "Piroć" na stanje podzemnih voda..... 447

Zdravko Pantelić

Hidrogeološke karakteristike i kvalitet podzemnih voda
karstnog vrela Milina glava..... 453

Tamara Marković, Željka Brkić, Ozren Larva

Distribucija teških metala (Fe, Mn, Zn i As) u aluvijalnom
vodonosniku Dravskog bazena..... 459

Igor Jemcov

Metod utvrđivanja eksploatacionog potencijala karstnih izvorišta..... 463

Risto Milošević, Nenad Toholj, Spasoje Glavaš, Boban Jolović

Uticaj rudarskih radova na režim i bilans podzemnih voda
sjevernog dijela Gatačkog ugljenog basena..... 471

Branimir Lazić, Miloško Lazić

Režim nitrata u podzemnim vodama izvorišta "Bogatić"..... 477

Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić, Jelena Ratković, Marina Čokorilo Ilić

Bilans podzemnih voda na području površinskog kopa
„Tamnava-zapadno polje“..... 483

**Vladimir Živanović, Veselin Dragišić, Igor Jemcov, Sava Magazinović,
Jovana Radosavljević**

Određivanje zona sanitarne zaštite izvorišta podzemnih voda
na bazi ukupnog vremena kretanja vode..... 489

**Nebojša Atanacković, Veselin Dragišić, Vladimir Živanović,
Jana Štrbački, Sunčica Gardijan**

Regionalna analiza rizika od zagađivanja podzemnih voda pod
uticajem napuštenih rudarskih radova na prostoru Srbije..... 495

Đorđije Božović, Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić

Predlog sanacije bunara sa horizontalnim drenovima na
Beogradskom izvorištu podzemnih voda..... 501

Garašić Mladen, Garašić Davor

Kraći prikaz istraživanja speleohidrogeoloških objekata
u Hrvatskoj u posljednjih 25 godina..... 507

Vladimir Lukić, Goran Jevtić, Ilija Oparušić, Ratko Bajčetić

Analiza kriterijuma za rekonstrukciju osmatračke mreže
pijezometara na prostoru Vojvodine..... 509

Jani Mulec

Preliminary screening of water catchment areas using bacterial
indicators at springs for sites managers; examples from Serbia..... 515

**Saša Milanović, Željko Zubac, Ljiljana Vasić, Radovan Grdinić,
Stanko Sorajić, Marija Cuca**

Analiza funkcionalnosti drenažnih bušotina
ankerskog polja na HE Grančarevo..... 517

Goran Jevtić, Milenko Pušić, Katarina Dubljanin

Uloga analize režima podzemnih voda u postupku razrade
hidrotehničkih rešenja uređenja prostora
- primer kompleksa "Sava park" u Šapcu..... 523

Vesna Ristić Vakanjac, Zoran Stevanović

Projekat KINDRA - inventar podataka o hidrogeološkim istraživanjima..... 529

Zlatko Ilijovski

Metodologija izrade karata ranjivosti podzemnih voda (metoda MVCRS).. 533

Ivan Deljanin, Milan Vukićević, Đuro Milanković

- Novi prilog poznavanju hidrogeoloških karakteristika
kopaoničkog granitoidnog masiva..... 539

Bojan Dončev, Milan Vukićević, Nevena Đerić,

- Prikaz rezultata istraživanja dela neogenog basena za
potrebe vodosnabdevanja fabrike „Vibac Balcani“ u Jagodini..... 547

**David Mitrinović, Miloš Perić, Jelena Zarić, Marija Perović,
Anđelka Petković, Milan Dimkić**

- Određivanje udela rečne vode u vodozahvatnim bunarima
uz Veliku Moravu – izvorište “Ključ”..... 555

Dragan Kaluđerović

- Uloga matematičkog modeliranja transporta zagađenja u
projektovanju bio barijera za remedijaciju nitrata u podzemnim vodama.... 561

Jovana Radanović, Iva Nikolić, Vladimir Stojadinović

- Konceptualni hidrogeološki model aluvijalne izdani na primeru
drenažnog sistema Kovin-Dubovac..... 567

**Ivan Đokić, Gordana Letić, Mirko Čekić, Sibela Oudech,
Vlade Čanić, Bojan Nikolić**

- Revitalizacija prostora napuštenog kopa "Suvo rudište" na
Kopaoniku kroz primer izgradnje vodozahvata i vodosabirnika
za višenamensko korišćenje voda..... 573

HIDROGEOLOGIJA I INFORMACIONE TEHNOLOGIJE

**Tanja Petrović Pantić, Mihajlo Mandić, Slavica Radulović,
Katarina Samolov**

- Hidrogeološka kategorizacija litostratigrafskih jedinica
na području OHGK list Smederevo..... 575

**Mihajlo Mandić, Tanja Petrović Pantić, Žarko Veljković,
Branko Miladinović**

- Predlog sadržaja tumača osnovne
hidrogeološke karte razmere 1:100.000..... 581

Mihajlo Mandić, Zoran Popović

Osvrt na proračun rezervi podzemnih voda u okviru izrade tumača za osnovnu hidrogeološku kartu prema važećem uputstvu.....	585
--	-----

Dejan Milenić, Ana Vranješ

Upravljanje i zaštita geotermalnih resursa u urbanim terenima korišćenjem interaktivne baze podataka.....	591
---	-----

STUDENTSKI RADOVI**Natalija Ćirica**

Procena geotermalnog potencijala termomineralnih voda Mataruške banje (centralna Srbija) metodom geotermometara.....	597
--	-----

Marko Nikolić

Primena hidrodinamičke metode u istraživanju geotermalnog potencijala grada Zrenjanina.....	603
---	-----

Danica Stevanović, Marina Poledica

Predlog nove osmatračke mreže vodnih tela karstnih podzemnih voda u Srbiji.....	609
---	-----

Milana Živojnov

Hidrogeotermalni potencijal područja Republike Srbije sa aspekta mogućnosti primene kogeneracije.....	615
---	-----

Uroš Milić

Hidrogeološki uslovi povećanja kapaciteta izvorišta za vodosnabdevanje Sremske Mitrovice.....	621
---	-----

Kristina Milićević, Marina Poledica, Danica Stevanović

Određivanje ranjivosti podzemnih voda i predlog zona sanitarne zaštite na primeru Hajdučke česme.....	623
---	-----

Jelena Krstajić

- Uporedna analiza metoda za ocjenu hazarda i rizika od zagađenja podzemnih voda..... 627

Ivan Drakulić

- Primena hidrodinamičkog modela u određivanju bilansa podzemnih voda i radijusa uticaja izvorišta "Šumice" u Kikindi..... 633

Strahinja Lazović

- Multidisciplinarni pristup u upravljanju projektima u geotermalnom istraživanju..... 639

Matija Kordić

- Analiza bilansa karstne izdani Drežničkog basena i severnog oboda zlatiborskog masiva i mogućnosti vodosnabdevanja..... 641

Jovana Radosavljević, Miloš Rakijaš, Sanja Marković, Mihailo Šević

- Kvalitet i mogućnosti korišćenja vode arteskog bunara "Živa voda" kod Smedereva..... 647

Miloš Rakijaš, Jovana Radosavljević, Sanja Marković, Ivan Filić

- Proces prečišćavanja zemljišta i vode primenom zeolita..... 651

Sanja Marković

- Problematika izvorišta „Suva separacija” na području Kolubarskog ugljonosnog basena..... 653

Bojana Mijanović

- Hidrogeološke i hidrodinamičke karakteristike izvorišta „Kalenić”..... 659

Irina Savić

- Eksploatacija geotermalnog resursa sa aspekta zakonodavstva Republike Srbije..... 663

Vladimir Šaraba

- Uloga i značaj poznavanja mikroorganizama sa aspekta hidrogeoloških istraživanja mineralnih voda..... 669

Sonja Drobac

Integrisano upravljanje vodnim resursima na primeru zlatiborskog masiva.....	675
---	-----

Milica Pantović

Određivanje toplotne provodljivosti stena primenom metode konstantnog linearnog izvora toplote na primeru granodioritskog masiva Kopaonika.....	681
---	-----

Aleksandra Dedijer

Uticaj efekta toplotnog ostrva na geotermalni potencijal urbanih područja.....	687
---	-----

PROSTOR ZA SPONZORE