

ISSN 0040-2176

UDC: 62(062.2) (497.1)

TEHNIKA[®]

GODINA LXIX 2014.

ČASOPIS SAVEZA INŽENJERA I TEHNIČARA SRBIJE

4

120 ГОДИНА ПРОВЕРЕНО ДОБРЕ ВОДЕ

ЈКП „БЕОГРАДСКИ ВОДОВОД И КАНАЛИЗАЦИЈА“

ЈКП „Београдски водовод и канализација“ постоји од 1892. године и бави се сакупљањем, пречишћавањем и дистрибуцијом воде, као и одвођењем отпадних и атмосферских вода са подручја града.

ЈКП „Београдски водовод и канализација“ снабдева водом за пиће милион ипо грађана, целокупну привреду и комуналне системе града.

Водоводна мрежа дугачка је око 4.000 километара, а канализациона око 1.500 километара.

Вода из београдског водоводног система је санитарно-хигијенски исправна и проверено доброг квалитета.

Грађани се могу обратити ЈКП „Београдски водовод и канализација“ на неки од следећих начина:

Кориснички центри – Кнеза Милоша 27, Данијелова 32 и Северни булевар 3

Контакт центар од 0-24 часа – тел: 3-606-606

Сајт: www.bvk.rs

Мејл: info@bvk.rs

NOVI MATERIJALI

Originalni naučni rad

- Neda Malešić, Jelena Rusmirović, Jovana Jovašević, Marija Perišić, Suzana Dimitrijević, Jovanka Filipović, Simonida Tomić, **Antimicrobial Hydrogels Based on 2-hydroxyethyl Methacrylate and Itaconic Acid Containinig Silver(I) Ion** 563

NAŠE GRAĐEVINARSTVO

Pregledni radovi

- Branko Božić, Dragana Milićević, Rajica Mihajlović, Christoph Jochheim-Wirtz, **Vrednovanje nepokretnosti u Republici Srbiji** 571
- Ana Stanojević, **Sprovođenje instalacija u montažnim objektima** 579

RUDARSTVO, GEOLOGIJA I METALURGIJA

Originalni naučni rad

- Slavko Torbica, Veljko Lapčević, Lazar Stojanović, **Uticaj režima odvodnjavanja poplavljenog površinskog kopa na stabilnost kosina**..... 591

Stručni radovi

- Dušan Polomčić, Dragoljub Bajić, Olivera Krunić, **Hidrodinamička analiza interakcije dva izvorišta u radu na primeru vodosnabdevanja Bečeja** 597
- Branislav Sretenović, Ivana Vasiljević, Vesna Cvetkov, **Primena geoelektričnih atributa dobijenih sondiranjem ukrštenim kvadratnim rasporedom elektroda na području „Pudarske kolibe“ u istočnoj Srbiji**..... 604

MAŠINSTVO

Originalni naučni radovi

- Najdan Vuković, Zoran Miljković, **Mašinsko učenje veštačke neuronske mreže sa radijalnim aktivacionim funkcijama Gausovog tipa na bazi Kalmanovog filtra – teorijske osnove**..... 613
- Najdan Vuković, Zoran Miljković, **Mašinsko učenje veštačke neuronske mreže sa radijalnim aktivacionim funkcijama Gausovog tipa na bazi Kalmanovog filtra – rezultati primene** 621
- Goran Ocokoljić, Boško Rašuo, **Aerodinamičko ispitivanje modela vodene rakete sa simulacijom rada motora u aerotunelu T-35** 629
-

ELEKTROTEHNIKA

Stručni radovi

- Ivan Zarev, Nedžad Hadžiefendić, **Otkrivanje rednog električnog luka u niskonaponskim električnim instalacijama upotrebom savremenih zaštitinih komponenti** 637
- Saša Milić, Denis Ilić, **Primena metode frekventijskog odziva transformatora za detekciju deformacija jezgra i namotaja energetskih transformatora** 645
- Milan Matijević, Vladimir Cvjetković, Vojislav Filipović, Nikola Jović, **Osnovni koncepti automatike i mehatronike sa LEGO programabilnim robotom** 653

SAOBRAĆAJ

Prethodno saopštenje

- Nikola Čelar, **Analitički modeli vremenskih gubitaka za signalisanu raskrsnicu** 663

Stručni rad

- Neven Todorović, Marko Subotić, **Mjerenje osovinskog opterećenja vozila u pokretu (WIM) weigh-in-motion** 669

MENADŽMENT

Originalni naučni rad

- Danijela Toljaga-Nikolić, Dejan Petrović, Milija Suknović, Marko Mihić, **Primena fuzzy PERT metode u projektnom planiranju** 679

Stručni radovi

- Vladimir Gajović, Gordana Radivojević, **Menadžment rizicima u osiguranju primenom AHP metode** 687
- Zvezdan Stojanović, **Od klasičnog ka elektronskom poslovanju** 694

KVALITET IMS, STANDARDIZACIJA I METROLOGIJA

Pregledni rad

- Biljana Mićković, **Analiza kretanja broja stanovnika opštine Nikšić u periodu 1948 – 2011. godina – korelacije sa procesima industrijalizacije i tranzicije** 701

Stručni radovi

- Velimir Komadinić, Dragomir Ilić, **Analiza rizika u održavanju** 707
- Aleksandra Živković Gabaldo, Vojislav Božanić, Bojan Ilić, Vesna Milićević, **Primena TD ABC metode za upravljanje troškovima u akreditovanoj laboratoriji za fizičko-hemijska ispitivanja** 711
-

Hidrodinamička analiza interakcije dva izvorišta u radu na primeru vodosnabdevanja Bečeja

DUŠAN M. POLOMČIĆ, Univerzitet u Beogradu,
Rudarsko-geološki fakultet, Beograd
DRAGOLJUB I. BAJIĆ, Univerzitet u Beogradu,
Rudarsko-geološki fakultet, Beograd
OLIVERA Ž. KRUNIĆ, Univerzitet u Beogradu,
Rudarsko-geološki fakultet, Beograd

Stručni rad
UDC: 556.3:627.12(497.113)

Postojeće izvorište podzemnih voda „Vodokanal“ za javno vodosnabdevanje grada Bečeja zahvata vode iz tri vodonosna horizonta sa 15 bunara ukupnog kapaciteta od 100 l/s. Nedaleko od gradskog izvorišta, nalazi se izvorište podzemnih voda „Soja Protein“, koje se koristi za industrijske potrebe i bunarima kaptira iste vodonosne horizonte trenutnim kapacitetom od 12 l/s. U budućem periodu, planirano je proširenje industrijskog izvorišta podzemnih voda do ukupno 57 l/s. Pored ovog, u narednih nekoliko godina, planirano je takođe i proširenje gradskog izvorišta sa dodatnih 50 l/s. Sumirano, to bi značilo da bi se potrebe za podzemnim vodama iz istih horizontata povećale za 84% u odnosu na trenutno stanje. Primenom numeričkih metoda, urađen je hidrodinamički model režima podzemnih voda, uticaj povećanja sumarnog kapaciteta izvorišta „Soja Protein“ na nivo podzemnih voda u bunarima izvorišta „Vodokanal“ i efekti dodatnog opadanja nivoa podzemnih voda u sva tri vodonosna horizonta na bunarima gradskog izvorišta usled rada industrijskog izvorišta. Urađeno je 7 varijanti rešenja proširenja izvorišta i prikazani su njihovi efekti za period od 10 godina s ciljem postizanja održivog upravljanja podzemnih voda.

Ključne reči: hidrodinamički model, varijante rešenja, dodatno opadanje nivoa podzemnih voda, održivo upravljanje podzemnih voda

1. UVOD

Problem snabdevanja vodom za bilo koje namene u savremenim uslovima života je sve izraženiji. Imajući u vidu da je izvorište deo sistema za vodosnabdevanje, njegov rad treba da predstavlja strogo kontrolisani proces. Nažalost, iskustva iz domaće prakse ukazuju na neplanski, stihijski i neprofesionalan pristup istraživanja kod izvorišta, bilo da se radi o otvaranju novog ili proširenju postojećeg.

Pravilan prisup istraživanju ostvaruje se primenom hidrodinamičke analize, gde se prevazilaze gotovo svi problemi i obezbeđuje stabilna eksploatacija podzemnih voda [1]. Tako se i određivanje i održavanje zona sanitarne zaštite izvorišta, koje se realizuje aktuel-

nim Pravilnikom [2], vrši primenom „modelskih“ (hidrodinamičkih) ispitivanja kretanja podzemnih voda u vodonosnoj sredini izvorišta.

Za period od par godina unazad, problemima izvorišta u Srbiji, bilo da se radi o istraživanjima i hidrodinamičkom aspektu hidrogeoloških istraživanja [3, 4, 5], optimalnom korišćenju voda i održivom upravljanju [6, 7, 12], vodosnabdevanju [8], uticaju nekih faktora na izvorište i pratećim procesima tokom rada izvorišta [9, 10], kvalitetu voda [11] ili zaštiti izvorišta [13, 14], bavili su se mnogi autori. U ovom radu, primenom hidrodinamičke analize određen je međusobni uticaj dva izvorišta podzemnih voda kroz različite varijante povećanja eksploatacije podzemnih voda tokom perioda od 10 godina.

Adresa autora: prof. dr Dušan Polomčić, Univerzitet u Beogradu, Rudarsko-geološki fakultet, Beograd, Dušina 7

Rad primljen: 31.03.2014.

Rad prihvaćen: 16.05.2014.

2. OSNOVNE KARAKTERISTIKE ISTRAŽNOG TERENA

Izučavani teren na kome se prostiru izvorišta „Vodokanal“ i „Soja Protein“ nalazi se zapadno od

Bečeja i severno od Novog Sada (slika 1). Teren obuhvaćen istraživanjima i matematičkim modelom ima oblik pravougaonika sa dužinom stranica 12.8 x 13.2 km i zauzima površinu od 168.96 km².

U vertikalnom profilu do dubine oko 130 m razvijena su četiri vodonosna sloja. Najplići vodonosni sloj zaleže do dubine oko 30 m. U ovim heterogenim sedimentima formirana je izdan sa slobodnim nivoom čije se vode ne koriste za javno vodosnabdevanje ili za potrebe industrije. Ostala tri vodonosna sloja leže na dubini od 60 - 130 m. Sva tri sloja imaju regionalno rasprostranjenje.

Prostorne karakteristike tri dublja vodonosna sloja prikazane su u tabeli 1, a regionalni hidrogeološki profil vodonosnih slojeva prikazan je na slici 2. Vodonosni sedimenti su sačinjeni od peskovitih naslaga kvartarne starosti, dok „uslovno bezvodne” sedimente čine gline kvartarne starosti. Vodonosne slojeve kaptiraju bunari oba izvorišta i podzemne vode se koriste i za javno vodosnabdevanje i za potrebe industrije.

Vodonosni slojevi I, II i III međusobno su razdvojeni paketima gline i peskovite gline debljine 5 - 20 m. Ova izolacija nije potpuna i omogućava delimičnu hidrodinamičku komunikaciju.

Tabela 1. Prikaz dubina zaleganja i debljina kaptiranih vodonosnih slojeva

| Vodonosni sloj | Dubina (m) | Debljina (m) |
|----------------|------------|--------------|
| I | 60-78 | 10-15 |
| II | 83-106 | 11-13 |
| III | 101-130 | 13-18 |

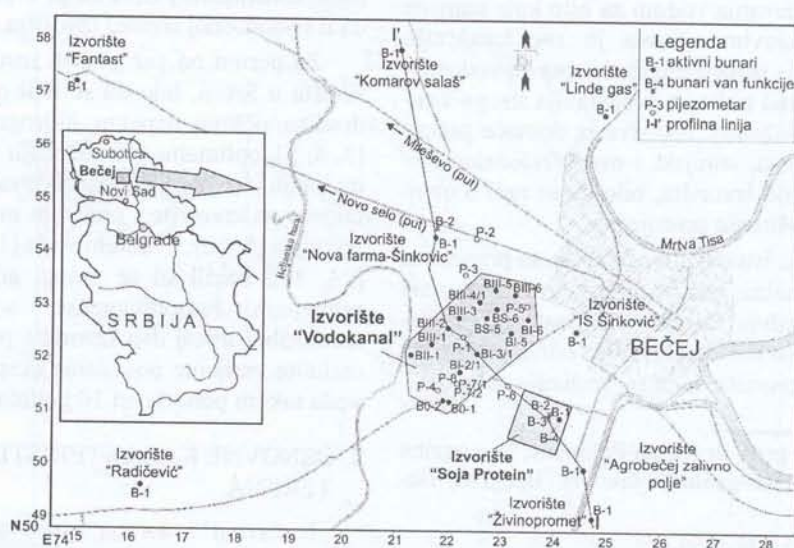
Pored toga, prema severoistoku u domenu izvorišta „Linde gas“ I i II vodonosni horizonti se spajaju u jedan. Sve ovo ukazuje da se radi o jednoj složenoj

hidrodinamičkoj celini. U proteklih 30-tak godina, u periodu od 1980. - 2014. godine na gradskom izvorištu u Bečeju izbušeno je oko 25 bunara, od čega je trenutno 15 aktivnih. Bunari su urađeni najčešće kao višesegmentni i zahvataju više vodonosnih slojeva: na 12 bunara kaptirana su istovremeno dva sloja, na 10 kaptirana su sva tri, a samo na 3 bunara kaptiran je jedan sloj.

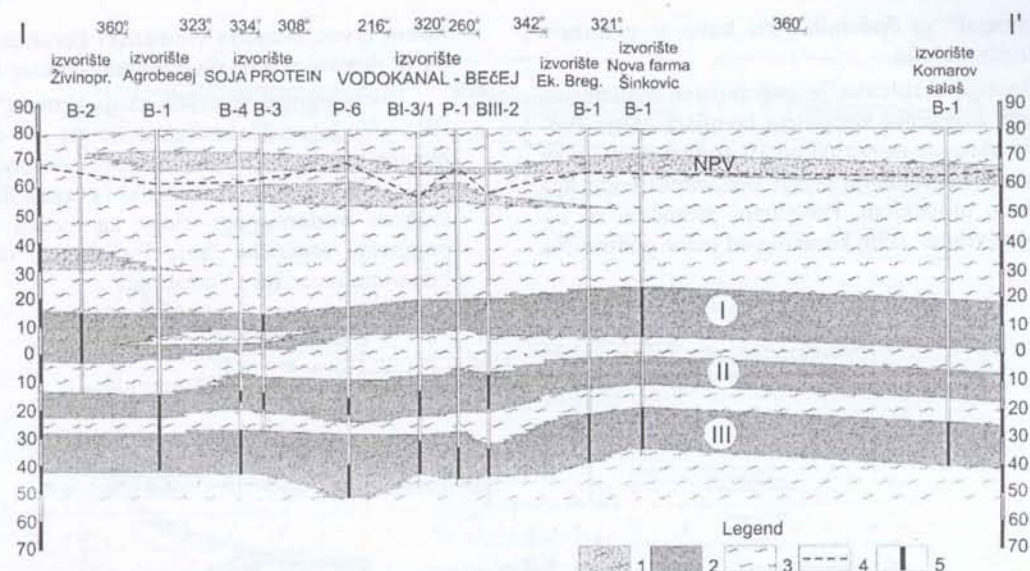
Na osnovu izvedene geološke i hidrogeološke analize, izvršena je šematizacija terena, urađen hidrogeološki konceptualni model, a zatim i hidrodinamički model režima strujanja podzemnih voda kako je detaljno prikazano u radu [11]. Na osnovu tog modela, urađeno je 7 varijanti proširenja kapaciteta izvorišta „Soja Protein“ i uticaj povećanja njegovog sumarnog kapaciteta na nivo podzemnih voda u bunarima izvorišta „Vodokanal“.

Tabela 2. Osnovni podaci o bunarima na izvorištima „Vodokanal“ i „Soja Protein“

| Izvorište | Vodonosni sloj | Naziv bunara |
|----------------|----------------|---|
| „Vodokanal“ | II, III | B0-1, BI-2/1, BI-5, BI-6 |
| | III | BIII-5, BIII-6 |
| | I, II, III | B0-2, BI-3/1, BIJ-1, BIII-1, BIII-2, BIII-3, BIII-4/1, BS-5, BS-6 |
| „Soja Protein“ | I, II | B-3 |
| | II, III | B-4 |
| | III | B-1, B-2 |



Slika 1 - Geografski položaj i lokacije izvorišta „Vodokanal“ i „Soja Protein“



Slika 2 - Hidrogeološki profil (profilna linija na slici 1) Legenda: 1. izdan sa slobodnim nivoom (kvartarni peskovi) 2. izdan pod pritiskom (kvartarni peskovi) 3. uslovno bezvodne stene (kvartarne gline) 4. nivo izdani pod pritiskom 5. pozicija bunarskog filtera

3. HIDRODINAMIČKA ANALIZA INTERAKCIJE DVA SUSEDNA IZVORIŠTA

Izvorište „Soja Protein“ čine četiri bunara, od kojih je danas aktivan bunar B-1 sa kapacitetom od 12 l/s. Bunari ovog izvorišta nalaze se na oko 2 km jugoistočno od postojećih bunara na izvorištu „Vodokanal“. Plan razvoja proizvodnih aktivnosti preduzeća „Soja Protein“ podrazumeva zahvatanje dodatnih količina podzemnih voda u iznosu od 57 l/s. Obezbeđenje dodatnih količina podzemnih voda podrazumeva aktiviranje bunara B-2, B-3 i B-4 i izradu novih bunara (B-5 i B-6). Izuzev bunara B-1, bunari

koji se uključuju kod proširenja izvorišta „Soja Protein“ su pojedinačnog kapaciteta 7 - 10 l/s (tabela 3).

Postojeća četiri bunara na izvorištu „Soja Protein“ kaptiraju različite vodonosne slojeve, kako je prikazano u tabeli 2, a novi bunari (B-5 i B-6) kaptiraće sva tri vodonosna sloja.

Hidrodinamička analiza uticaja povećanja sumarnog kapaciteta izvorišta „Soja Protein“ na nivo podzemnih voda u bunarima izvorišta „Vodokanal“ izvedena je preko ranije formiranog hidrodinamičkog modela [11]. U tom smislu, analizirano je sedam varijanti (scenarija), kako je prikazano u tabeli 3.

Tabela 3. Prikaz varijanti proširenja kapaciteta izvorišta „Soja Protein“

| Varijanta | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| ΣQ (l/s) - „Vodokanal“ | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 | 150 |
| ΣQ (l/s) - „Soja Protein“ | 12 | 20 | 30 | 40 | 50 | 57 | 57 |
| Kapaciteti aktivnih bunara „Soja Protein“ (l/s) | B-1 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 | 12 |
| | B-2 | - | 8 | 8 | 8 | 10 | 10 |
| | B-3 | - | - | 10 | 10 | 10 | 10 |
| | B-4 | - | - | - | 10 | 10 | 10 |
| | B-5 | - | - | - | - | 8 | 8 |
| | B-6 | - | - | - | - | - | 7 |

Simulacija uticaja proširenja kapaciteta izvorišta „Soja Protein“ na izvorište „Vodokanal“ izvedena je kroz proračun razvoja dodatnih depresija na jednom broju bunara izvorišta „Vodokanal“ koji je posledica rada bunara na izvorištu „Soja Protein“. U prvih šest varijanti proširenja izvorišta „Soja Protein“ eksploatacija podzemnih voda na izvorištu

„Vodokanal“ se obavlja sa 100 l/s, a kapaciteti bunara na izvorištu „Soja Protein“ su zadavani prema tabeli 3.

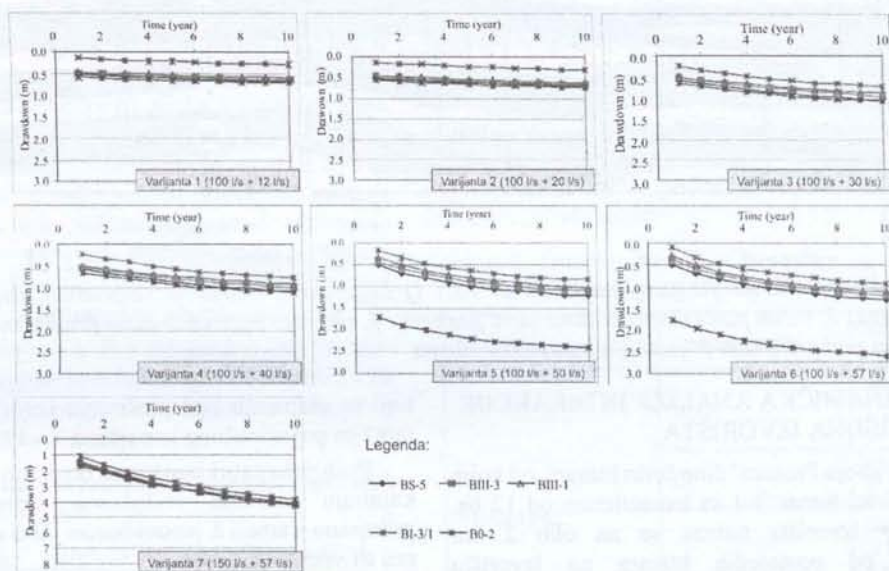
U varijanti 7, kapacitet izvorišta „Vodokanal“ zadan je u iznosu od 150 l/s, a kapacitet izvorišta „Soja Protein“ je 57 l/s. Razlika u odnosu na varijantu 6 je da je izvršeno proširenje izvorišta

„Vodokanal“ za dodatnih 50% kako se planira u narednom periodu.

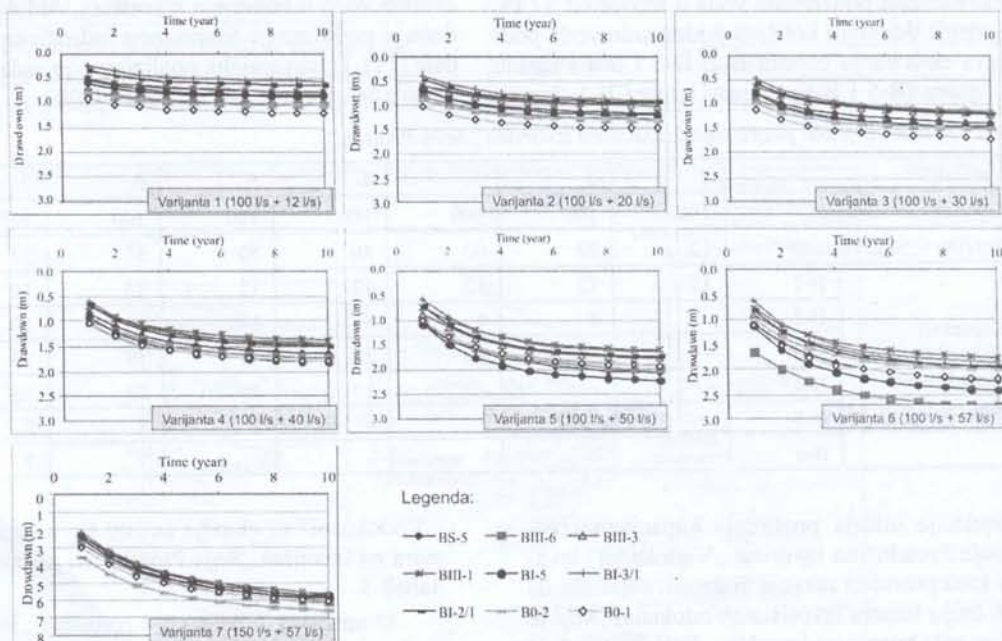
Trajanje eksploatacije zasvaku od analiziranih varijanti proširenja kapaciteta izvorišta „Soja Protein“ izvršeno je za period od 10 godina u kojem su svi bunari kontinualno crpeli podzemnu vodu konstantnim protokajem. Prognozni proračuni su izvedeni sa vremenskim korakom od jedne godine. Na

nižem nivou iteracija vremenski korak je podeljen na 10 delova, nejednakog trajanja (faktor 1.2).

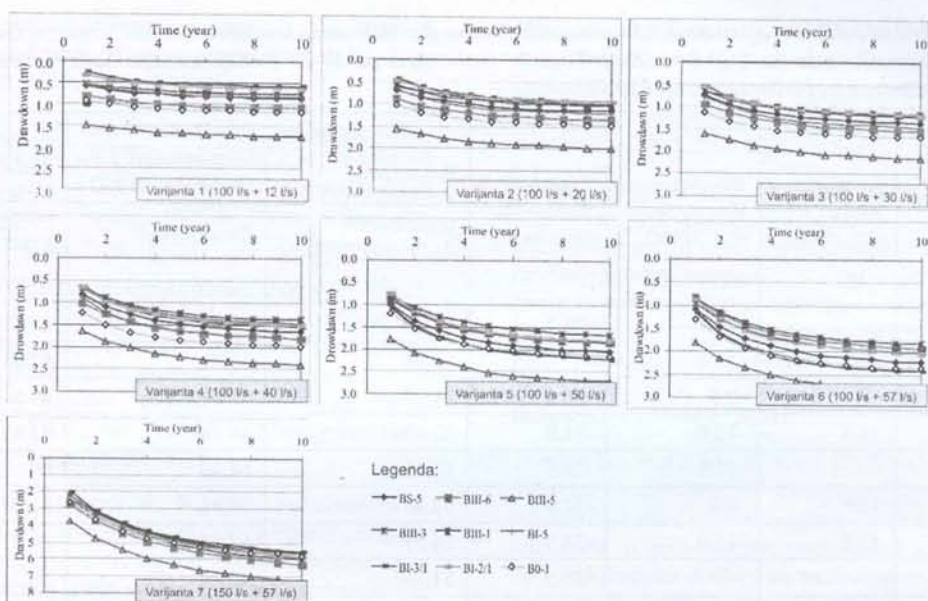
Uticaj bunara izvorišta „Soja Protein“ na izvorište „Vodokanal“ analiziran je na 10 odabranih bunara i za svaki vodonosni sloj posebno. Na slikama 3–5 prikazani su dijagrami porasta depresije u svakom vodonosnom sloju za svaku varijantu proširenja izvorišta „Soja Protein“, u odabranim bunarima izvorišta „Vodokanal“.



Slika 3 - Razvoj depresija u I vodonosnom sloju u bunarima izvorišta „Vodokanal“ usled rada izvorišta „Soja Protein“



Slika 4 - Razvoj depresija u II vodonosnom sloju u bunarima izvorišta „Vodokanal“ usled rada izvorišta „Soja Protein“



Slika 5 - Razvoj depresija u III vodonosnom sloju u bunarima izvorišta „Vodokanal“ usled rada izvorišta „Soja Protein“

4. DISKUSIJA

Sa prikazane slike 3, uočava se generalno povećanje depresije u bunarima izvorišta „Vodokanal“ kao rezultat rada izvorišta „Soja Protein“ (i povećanja njegovog ukupnog kapaciteta). Ovaj porast depresija različito se manifestuje u sva tri vodonosna sloja na izvorištu „Vodokanal“. Obzirom da na izvorištima „Vodokanal“ i „Soja Protein“ nema direktnog hidrauličkog kontakta među vodonosnim slojevima (izuzev preko bunara i pijezometara), za različite varijante povećanja kapaciteta izvorišta „Soja Protein“ dolazi do nejednakog odgovora vodonosnih slojeva, odnosno do različitih depresija u bunarima. Takođe, ovo je i posledica nejednakog rasporeda filtarskih konstrukcija u samim bunarima na izvorištu „Soja Protein“ (tabela 2), njihovih kapaciteta i neujednačeno kaptiranih vodonosnih slojeva (jedan, dva ili sva tri) u svakom od analiziranih bunara na izvorištu „Vodokanal“.

Najmanji uticaji proširenja kapaciteta izvorišta „Soja Protein“ na bunare izvorišta „Vodokanal“ u prvom vodonosnom sloju. Postoje razlike u obliku krivih depresija u prvom vodonosnom sloju za prve dve varijante u odnosu na kasnije varijante. Razlike su u varijantama uključivanja bunara na izvorištu „Soja Protein“ koji zahvataju podzemne vode i iz prvog vodonosnog sloja i tada je uticaj na ovaj sloj izraženiji. Inače, i prikazani dijagrami dopunskih depresija u prvom vodonosnom sloju u uslovima kada se voda ne zahvata iz njih na izvorištu „Soja Protein“ pokazuju opadanje pijezometarskog nivoa usled crpenja iz drugog i trećeg vodonosnog sloja i potvrđuju hidrauličku povezanost ovih slojeva.

Za sumarni kapacitet izvorišta „Soja Protein“ od 57 l/s i postojeću eksploataciju podzemnih voda na izvorištu „Vodokanal“ od 100 l/s, najveće dodatne depresije na kraju proračunskog perioda se kreću u intervalu 0.10 - 2.58 m u prvom vodonosnom sloju, 0.63 - 2.75 m u drugom, i 0.83 - 2.85 m u trećem vodonosnom sloju.

U sedmoj varijanti, u kojoj je analiziran međusobni uticaj oba izvorišta, kapacitet izvorišta „Soja Protein“ ostao je isti kao u varijanti 6 (57 l/s), ali je ukupni kapacitet izvorišta „Vodokanal“ povećan za 50 %, odnosno na 150 l/s. Za ovu varijantu, u prvom vodonosnom sloju rezultat ovog povećanja kapaciteta izvorišta „Vodokanal“ ogleda se u povećanju depresija u bunarima gradskog izvorišta za 1.02-2.23 m, u drugom sloju za 3.58-3.82 m, dok je u trećem vodonosnom sloju ostvarena dodatna depresija od 3.41-4.03 m u odnosu na varijantu 6. Najveće dodatne depresije na bunarima izvorišta „Vodokanal“ (slike 3-5) u slučaju eksploatacije podzemnih voda na oba izvorišta po varijanti 7 se kreću između 5.24 - 6.88 m.

U cilju sagledavanja realnog uticaja vrednosti dodatnih depresija na bunare izvorišta „Vodokanal“ koje su rezultat povećanja kapaciteta izvorišta „Soja Protein“ (sa $\Sigma Q_{\max} = 57$ l/s), u tabeli 4 su pored kota vrha filtarskih konstrukcija po vodonosnim slojevima za analizirane bunare na gradskom izvorištu, prikazani registrovani minimalni pijezometarski nivoi koji uključuju parazitsku depresiju u sebi (u periodu 01.08.2007.-01.03.2013. god.) i proračunati pijezometarski nivoi (bez parazitske depresije) za slučaj kapaciteta izvorišta „Vodokanal“ od 100 l/s i 150 l/s.

Tabela 4. Prikaz veličine registrovanih minimalnih pijezometarskih nivoa u odabranim bunarima za slučaj zahvatanja podzemnih voda na izvorištu „Soja Protein“ količinom od 57 l/s i eksploatacije na izvorištu „Vodokanal“ količinom od 100 l/s, odnosno 150 l/s.

| Bunar | Kota vrha filtera - I sloj (mnm) | Kota vrha filtera - II sloj (mnm) | Kota vrha filtera - III sloj (mnm) | Registrovan minimalni NPV (sa parazitskom depresijom) (mnm) | Proračunati minimalni NPV (bez parazitske depresije) „Vodokanal“ $\Sigma Q=100$ l/s (mnm) | Proračunati minimalni NPV (bez parazitske depresije) „Vodokanal“ $\Sigma Q=150$ l/s (mnm) |
|--------|----------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|---|---|---|
| B0-1 | - | -10.3 | -26.7 | 51.24 | 65.98 | 62.28 |
| B0-2 | 16.0 | -11.0 | - | 56.84 | 66.11 | 62.08 |
| BI-2/1 | - | -2.6 | -30.0 | 51.77 | 65.69 | 61.81 |
| BI-3/1 | 16.0 | -13.0 | -31.0 | 52.02 | 64.73 | 61.52 |
| BI-5 | - | -14.5 | -29.5 | 53.02 | 64.30 | 60.92 |
| BIII-1 | 12.6 | -6.4 | -31.4 | 57.46 | 65.51 | 61.64 |
| BIII-3 | 17.5 | -15.0 | -28.5 | 54.31 | 64.02 | 60.23 |
| BIII-5 | - | - | -30.5 | 54.76 | 62.70 | 58.24 |
| BIII-6 | - | -14.2 | -32.5 | 50.86 | 64.37 | 60.85 |
| BS-5 | 17.7 | -15.1 | -28.1 | 56.50 | 63.92 | 60.22 |

3. ZAKLJUČAK

Sprovedna hidrodinamička analiza uticaja povećanja kapaciteta izvorišta „Soja Protein“ na izvorište „Vodokanal“ obavljena je u 7 varijanti.

U prvih šest varijanti analize, izvorište „Vodokanal“ zahvata podzemne vode u količini od 100 l/s, dok se menja kapacitet izvorišta „Soja Protein“ zaključno do 57 l/s.

U sva tri vodonosna sloja registrovan je uticaj povećanja kapaciteta izvorišta „Soja Protein“ na eksploatacije bunare izvorišta „Vodokanal“.

Znatno izraženiji uticaj na gradsko izvorište dobijen je u varijanti 7, u kojoj se podzemne vode na izvorištu „Vodokanal“ zahvataju u količini od 150 l/s, a na izvorištu „Soja – Protein“ u količini od 57 l/s.

Ovo povećanje je reda veličine 1-4 m u odnosu na varijantu sa zahvatanjem voda na izvorištu „Vodokanal“ od 100 l/s i maksimalnim kapacitetom izvorišta „Soja Protein“.

Međutim, i za varijantu 6, i za varijantu 7, kao varijante sa najvećim zahvatanjem podzemnih voda na izvorištu „Soja Protein“, dodatna sniženja nivoa podzemnih voda na eksploatacionim bunarima izvorišta „Vodokanal“ ne ugrožavaju njihovo funkcionisanje.

ZAHVALNICA

Autori se zahvaljuju Ministarstvu prosvete, nauke i tehnološkog razvoja Republike Srbije za finansiranje projekata „OI-176022“ i „III-43004“.

LITERATURA

- [1] Polomčić D., Hidrodinamička istraživanja, otvaranje i upravljanje izvorištima izdanskih voda u intergranularnoj poroznoj sredini, Rudarsko geološki fakultet, Beograd, 2001.
- [2] Ministarstvo zdravlja R. Srbije, Pravilnik o načinu određivanja i održavanja zona sanitarne zaštite izvorišta vodosnabdevanja, Službeni glasnik RS, br. 92/2008, 2008.
- [3] Hajdin B., Polomčić D., Stevanović Z., Bajić D. and Hajdin K., Asseings prospect of groundwater source „Vić Bare“ for Obrenovac's water supply. Proceedings of the XIV Serbian Symposium on Hydrogeology, Zlatibor, Serbia, 17-20 May, 2012, University of Belgrade - Faculty of Mining and Geology: Belgrade, p. 107-111, 2012.
- [4] Polomčić D., Bajić D., Ristić-Vakanjac V., Čokorilo M., Drašković D., Špadijer S. Hidrodinamičke karakteristike izvorišta „Peštan“ za vodosnabdevanje Lazarevca, Vodoprivreda, 261-263, Srpsko društvo za navodnjavanje i odvodnjavanje, Beograd, p. 55-68, 2013.
- [5] Đurić D., Lukić V., Soro A., Hidrodinamička analiza proširanja izvorišta „Petrovaradinska Ada“ u Novom Sadu, Vodoprivreda, 258-260, Srpsko društvo za navodnjavanje i odvodnjavanje, Beograd, p. 265-272, 2012.
- [6] Polomčić D., Hajdin B., Stevanović Z., Bajić D., Hajdin K., Groundwater management by riverbank

- filtration and an infiltration channel: The case of Obrenovac, Serbia, *Hydrogeology Journal*, 21, 7, p. 1519-1530, 2013.
- [7] Stauder S., Stevanović Z., Richter C. et al., Evaluating bank filtration as an alternative to the current water supply from Deeper Aquifer: a case study from the Pannonian Basin, Serbia, *Water Resource Management*, 26, 2, p. 581-594, 2012.
- [8] Polomčić D., Stevanović Z., Dokmanović P., Ristić-Vakanjac V., Hajdin D., Milanović S., Bajić D., Optimization of groundwater supply in Serbia, Proceedings of the XIV Serbian Symposium on Hydrogeology, Zlatibor, Serbia, 17-20 May, 2012, University of Belgrade, Faculty of Mining and Geology, Belgrade, p. 15-20, 2012.
- [9] Polomčić D., Pavlović V., Bajić D., Šubaranović T, Multiannual effects of Peštan source operation in the function of predewatering the future Kolubara basin opencast mines, Proceedings of the VI International Conference "Coal 2013", Zlatibor, Serbia, 02-05 October, 2013, Yugoslav Opencast Mining Committee, Belgrade, p. 259-266, 2013.
- [10] Majkić-Dursun B., Popović Lj., Miolski D., Anđelković O., Uticaj opadanja nivoa podzemnih voda na procese starenja vodozahvata objekata na primeru izvorišta Trnovče, *Vodoprivreda*, 258-260, Srpsko društvo za navodnjavanje i odvodnjavanje, Beograd, p. 181-187, 2012.
- [11] Polomčić D., Krunić O., Ristić-Vakanjac V., Hydrogeological and hydrodynamic characteristics of groundwater sources for the public water supply of Bečej (northern Serbia), *Geološki anali balkanskog poluostva*, 72, p. 143-157, 2011.
- [12] Polomčić D., Đekić M., Milosavljević S., Popović Z., Milaković M., Ristić Vakanjac V., Krunić O., Sustainable use of groundwater resources in terms of increasing the capacity of two interconnected groundwater sources: a case study Bečej (Serbia), Proceedings of the 11th International Multidisciplinary Scientific Geoconference, Alabena, Bulgaria, 20-25 June, 2011, STEF92 Technology Ltd., Sofia, Bulgaria, p. 599-606, 2011.
- [13] Dimkić M., Pušić M., Vidović D., Đurić D., Boreli-Zdravković Đ., Analiza transporta zagađenja kod određivanja zona sanitarne zaštite izvorišta podzemnih voda u aluvijalnim sredinama, *Vodoprivreda*, 264-266, Srpsko društvo za navodnjavanje i odvodnjavanje, Beograd, p. 203-218, 2013.
- [14] Polomčić D., Bajić D., Matić I., Zarić J., Hydrodynamic characteristics of water supply source of Kikinda (Serbia), Digital Proceedings of the the 8th Conference on Sustainable Development of Energy Water and Environmental Systems, Dubrovnik, Croatia, 22-27 September, 2013, Faculty of Mechanical Engineering and Naval Architecture: Zagreb, SDEWES13_FP_482., p. 1-14, 2013.

SUMMARY

HYDRODYNAMIC ANALYSIS OF THE INTERACTION OF TWO OPERATING GROUNDWATER SOURCES, CASE STUDY: GROUNDWATER SUPPLY OF BEČEJ

The existing groundwater source "Vodokanal" for the public water supply of Bečej city in Serbia tapping groundwater from three water-bearing horizons over 15 wells with summary capacity of 100 l/s. Near the public water source of Bečej exists groundwater source "Soja Protein" for industry with current capacity of 12 l/s which tapped same horizons. In the coming period is planned to increase summary capacity of this groundwater source up to 57 l/s. Also, the increase of summary city's source capacity is planned for 50 l/s in the next few years. That is means an increase of groundwater abstraction for an additional 84 % from the same water-bearing horizons. Application of hydrodynamic modeling, based on numerical method of finite difference will show the impact of increasing the total capacity of the source „Soja Protein“ on the groundwater level in groundwater source „Vodokanal“ and effects of additional decrease in groundwater levels, in all three water-bearing horizons, on the wells of the „Vodokanala“ groundwater source due to operation of industrial source. It was done 7 variant solutions of the extensions of groundwater sources and are their effects for a period of 10 years with with the aim of the sustainable management of groundwater.

Key words: hydrodynamic model, variant solutions, additional decrease in groundwater levels, sustainable management of groundwater