

PAVAO MILETIĆ, KOSTA URUMOVIĆ i VESNA BLAŠKOVIĆ

## BILANCA PODZEMNIH VODA SJEVEROZAPADNE BARANJE

*S 2 slike u tekstu i 1 prilogom*

Prikazani su rezultati bilance podzemnih voda s osnovnim parametrima koji utječu na režim u prvom vodonosnom horizontu u sjeverozapadnoj Baranji.

### UVOD

Konačna svrha hidrogeoloških istraživanja na teritoriji sjeverne Hrvatske jest određivanje ukupnih i eksploatacionih rezervi podzemnih voda. Izvršenju ovog zadatka prethodila je regionalna hidrogeološka rajonizacija terena sjeverne Hrvatske. Hidrogeološka rajonizacija za porječje Drave i Save uglavnom je izvršena. U idućoj fazi unutar izdvojenih rajona nastoji se izdvojiti manje hidrogeološke cjeline s određenim hidrogeološkim graničnim uvjetima, na temelju čega je moguće analitičkim putem izvesti procjenu eksploatacionih rezervi podzemne vode. Ovim putem načinjena je bilanca podzemnih voda sjeverozapadne Baranje.

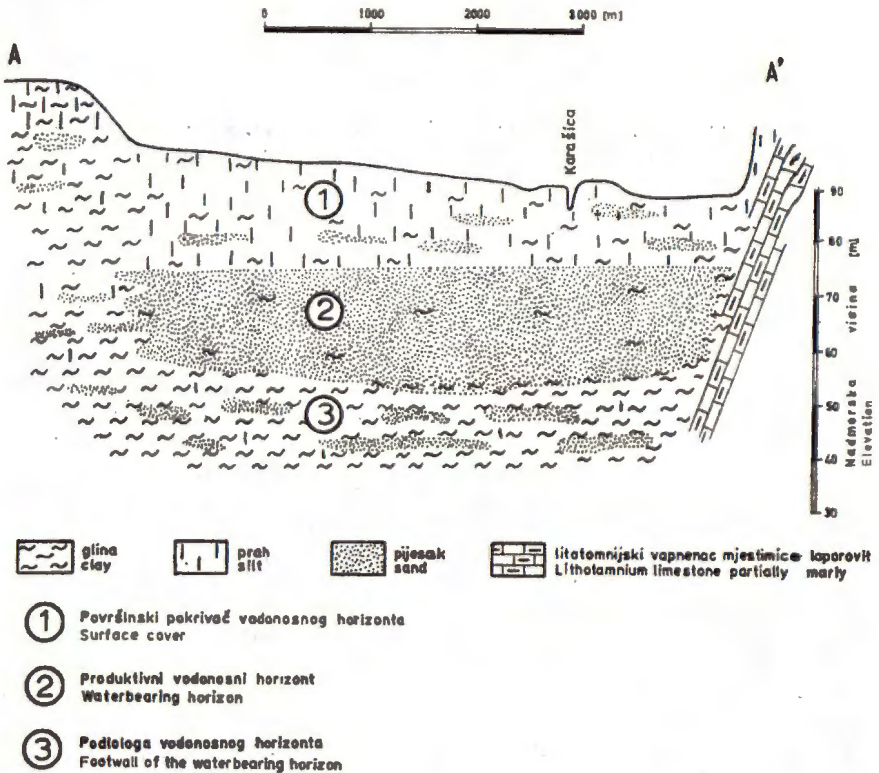
Veći dio Baranje pripada hidrogeološkoj jedinici ravničarskog područja (Miletić, 1969). Po svojim općim hidrogeološkim značajkama pokazuje stanovite razlike u odnosu na susjedno – južno – područje porječja Drave, pa je i posebno prikazana (Miletić & dr., 1971).

Hidrogeološki zaključci u tom smislu potvrđeni su i kasnijim radovima koje je izvodio Institut za geološka istraživanja iz Zagreba (Borčić & dr., 1972). Na tako razrađenoj hidrogeološkoj situaciji nadograđena je detaljna hidrogeološka raščlamba (Urumović, 1972). Ovom raščlambom ustanovljeno je da unutar hidrogeološke jedinice ravničarskog područja, koja je pokrivena kvartarom, u Baranji možemo lučiti četiri hidrogeološka područja: inundaciono područje Drave i Dunava, aluvijalnu ravnicu pokrivenu praporom, riječnu akumulacionu terasu i jezersku terasu. U prva tri područja razvijen je hidraulički jedinstven prvi vodonosni horizont, ali s izrazito različitim hidrogeološkim parametrima i graničnim uvjetima. Na četvrtom području jedinstven horizont izostaje (sl. 1 i prilog 1).

U toj situaciji postavila se potreba rješavanja vodoopskrbe Belog Manastira, kao vrlo aktuelan vodoprivredni zadatak. Nakon analize hidrogeološ-

# SHEMATSKI HIDROGEOLOŠKI PROFIL U PODRUČJU PRETPOSTAVLJENOG ZAHVATA PODZEMNIH VODA

## SCHEMATIC HYDROGEOLOGICAL CROSS-SECTION OVER THE AREA OF THE ANTICIPATED EXPLOITATION WELLS



Sl. 1. Shematski hidrogeološki profil u području pretpostavljenog zahvata podzemnih voda.

Fig. 1. Schematic hydrogeological cross-section in the area of the anticipated exploitation wells.

kih mogućnosti i različitih varijanti hidrotehničkih rješenja za vodozahvat, izabrano je područje akumulacione rječne terase, premda su hidrogeološki parametri ovdje najnepovoljniji. Svako drugo rješenje tražilo bi veće hidrotehničke zahvate (polaganje dugačkog cjevovoda, itd.). Prije konačnog izbora lokaliteta bilo je, međutim, potrebno procijeniti eksploatacione rezerve podzemnih voda, a ta procjena morala je pokazati ima li, u prirodnim uvjetima, takvo rješenje vodoopskrbe Belog Manastira stvarnu podlogu.

Pri tome je uzeto u obzir da rješenjem vodoopskrbe treba obuhvatiti sva veća mjesta sjeverozapadne Baranje (Beli Manastir, Kneževo, Popovac i Branjina) i pripadajuću lokalnu industriju.

#### POTREBE ZA VODOM U SJEVEROZAPADNOJ BARANJI DO GOD. 2000

Prema podacima regionalnog urbanističkog plana (u izradi), pretpostavlja se da će do godine 2000 broj žitelja u sjeveroistočnoj Baranji iznositi 26.000, s prosječnom potrebom za vodom iz vodoopskrbne mreže od 250 l/dan po žitelju. Također je predviđeno da će posebne potrebe lokalne industrije iznositi  $0,33 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/god. čiste vode. Prema tome, uzevši u obzir broj žitelja, prosječne potrebe po jedinki i potrebe industrije, količina vode u vodoopskrbnoj mreži treba iznositi  $2,7 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/god. Danas se od te količine, prema procjeni, troši  $0,3 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>/god. To su vrijednosti koje se dalje koriste u bilanci podzemnih voda, i koje se izjednačavaju s ukupnim godišnjim prihranjivanjem.

#### HIDROGEOLOŠKI GRANIČNI UVJETI

Granični uvjeti u tlocrtu vodonosnog horizonta postavljeni su u zavisnosti s prikazanom hidrogeološkom situacijom na terenu. Posljednja pokazuje da je iz smjera Baranjske Grede i jezerske terase prtok podzemne vode konstantan. Ova prilično jasno uočljiva činjenica ne može se međutim pretnuti i na granične uvjete prema aluvijalnoj ravnici pokrivenoj praporom i inundacionom području. U prvoj aproksimaciji predviđeno je zbog toga da će granični uvjeti u tom smjeru – pod utjecajem Drave i Dunava – biti tipa s konstantnom razinom.

Tipična karakteristika prvog vodonosnog horizonta jest međutim prihranjivanje padalinskim vodama. Pokazala se zbog toga potreba utvrđivanja veličine infiltracije padalinskih voda jer je postojala opravdana pretpostavka da će već sarna infiltracija padalinskih voda biti na tako velikom području dovoljna za namirivanje potreba za vodom u ovom kraju.

Analiza pokrovnog dijela prvog vodonosnog horizonta ukazala je na dva tipa infiltracije oborinskih voda. Po prilici 30% površine prvog vodonosnog horizonta pokriveno je naime direktno praporom. Na toj površini postoji direktno procjeđivanje dijela padalinske vode u vodonosni horizont.

Na preostaloj površini (70%) između procjedinog horizonta i vodonosnog sloja uklapaju se ulošci gline pa se infiltracija odvija procjeđivanjem kroz glineni međusloj. Postotna podjela terena s obzirom na tip infiltracije ocjenjena je na stranu sigurnosti.

### PROCJENA REZERVI PODZEMNIH VODA

Procjena rezervi podzemnih voda izvršena za pretpostavljeno stanje eksploatacije pokazala je da se količina vode potrebna za eksploataciju može obnavljati godišnje na površini od  $5,5 \cdot 10^7 \text{ m}^2$  isključivo infiltracijom padalinskih voda.

Korištenjem podataka oscilacija razina podzemnih voda u pokrivaču vodonosnog horizonta i prosječnog efektivnog poroziteta za takav litološki tip stijena ( $n_{ef} = 0,03$ , Častaný, 1967) ustanovljeno je da visina efektivnog prihranjivanja iznosi  $5,25 \cdot 10^{-2} \text{ m/god}$ .

Direktna efektivna infiltracija na 30% površine ( $P = 1,65 \cdot 10^7 \text{ m}^2$ ) iznosi  $I'_w = 8,66 \cdot 10^5 \text{ m}^3/\text{god}$ .

Indirektna infiltracija (kroz glinoviti međusloj) uz uvjet da sniženje tlaka seže do krovine vodonosnog horizonta ( $\Delta H = 14 \text{ m}$ ), i da je prosječna debljina međusloja,  $b = 4 \text{ m}$ , te da je prosječni koeficijent vertikalne propusnosti glinovitog međusloja  $k = 5,0 \cdot 10^{-10} \text{ m/sek}$  iznosi  $I''_w = 2,075 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{god}$ .

Ukupna efektivna infiltracija prema tome u uvjetima eksploatacije iznosi  $I_w = I'_w + I''_w = 2,9 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{god}$ , ili 92 l/sek.

U odnosu na tražene količine, to predstavlja višak od  $0,2 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{god}$  povrh današnje potrošnje od  $0,3 \cdot 10^6 \text{ m}^3/\text{god}$ .

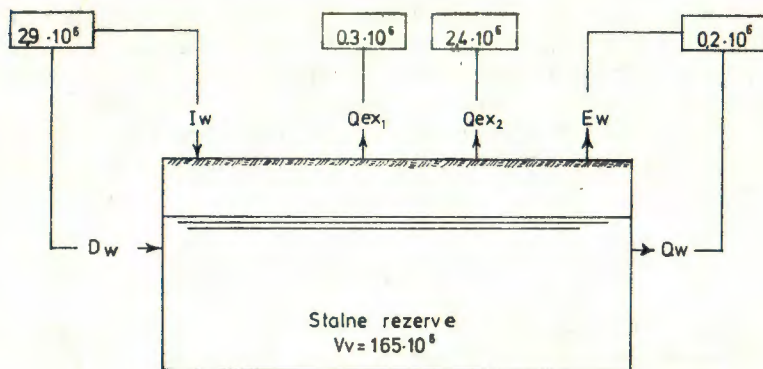
U slučaju da se u nekom hidrološkom ciklusu pokaže manjak infiltracije, u eksploataciji će, dakako, učestvovati stalne rezerve promatranog horizonta. Da se ocijeni veličina stalnih rezervi i mogućnosti njihova korištenja u izravnanju potreba, izvršena je i njihova procjena.

U procjeni su korišteni slijedeći elementi: prosječna debljina horizonta ( $M$ ) 12 m, prije određena površina ( $P$ )  $5,5 \cdot 10^7 \text{ m}^2$ , i efektivni porozitet ( $n_{ef}$ ) = 0,25 (Meinzer, 1959: za pijesak  $s_{def} = 0,016-0,1$  i  $S_0 = 2-15$ ,  $n_{ef} = 0,25$ ). Korištenjem ovih vrijednosti izračunato je da volumen stalnih rezervi iznosi  $V_{st} = 165 \cdot 10^6 \text{ m}^3$ . Prema tome dvogodišnje korištenje isključivo stalnih rezervi (bez ikakva obnavljanja) pretstavljat će tek 3,2% stalnih rezervi vodonosnog horizonta.

Izračunate vrijednosti bilanca podzemnih voda prikazane su na slici 2.

### ZAKLJUČAK

Vodoopskrba Belog Manastira i njegove okoline nametnula je potrebu detaljnije hidrogeološke obrade sjeverozapadne Baranje. Prema regionalnom urbanističkom planu za ovo je područje potrebno do godine 2000 osi-



PRIBLIŽNA BILANCA PODZEMNIH VODA U UVJETIMA EKSPLOATACIJE PREDPOSTAVLJENOG ZAHVATA PODZEMNIH VODA

Sl. 2. Približna bilanca podzemnih voda u uvjetima eksploatacije pretpostavljenog zahvata podzemnih voda.

Fig. 2. Approximate groundwater balance in the anticipated conditions of exploitation

gurati  $2,7 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> vode na godinu. Analiza hidrogeoloških podataka pokazala je mogućnost obnavljanja ove količine podzemnih voda isključivo iz infiltracije padalinskih voda.

Proračun je izveden uz slijedeće granične uvjete: u smjeru jezerske terase i Baranjske grede granica je s konstantnim pritokom. U smjeru aluvijalne ravnice granica je sa stalnim tlakom. U prvoj aproksimaciji uzete su pri tome u obzir površinske vode (rijeke Drave i Dunava), ali je daljnji proračun pokazao da će stalni pritisak na granici biti održavan dovoljnim pritjecanjem infiltracijskih voda u zonu eksploatacije. Proračun je izveden za dva tipa infiltracije: direktnu infiltraciju kroz slabo propustan površinski pokrivač (na približno 30% površine) i indirektnu infiltraciju kroz glinoviti međusloj ( $b = 4$  m, na 70% površine). Pokazalo se je da takva infiltracija u uvjetima eksploatacije (uz prosječno sniženje razine podzemne vode u horizontu  $\Delta H = 14$  m) iznosi  $2,9 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup> vode na godinu.

Također je utvrđeno da stalne rezerve podzemnih voda u horizontu (uz njegovu prosječnu debljinu  $M = 12$  m, efektivni porozitet  $n_{ef} = 0,25$ , a na površini  $P = 5,5 \cdot 10^7$  m<sup>2</sup>) iznose  $V_{st} = 165 \cdot 10^6$  m<sup>3</sup>.

Uz postojeće hidrogeološke karakteristike prvog vodonosnog horizonta u tom dijelu Baranje (Urumović, 1973) moguće je iz pojedinačnog bunara eksploatirati do 25 l vode u sekundi. Zbog uvjeta koji su postavljeni u ovom proračunu (prosječno sniženje razine podzemne vode  $\Delta H = 14$  m), biti će međutim potreban veći broj bunara za eksploataciju predviđene količine vode.

Ono što je bitno – ova analiza pokazala je da u neposrednoj blizini Belog Manastira i drugih potrošača postoji vodonosni horizont s količinom vode koja je dovoljna za vodoopskrbu stanovništva. Uz postavljene zahtjeve za sada ne postoji potreba traženja nekog drugog izvora vodoopskrbe.

Preostaje da se ovaj horizont detaljno ispita kako bi se konačno utvrdili sigurni eksploatacioni kapaciteti, kao i potreban raspored i broj eksploatacionih bunara.

#### LITERATURA

- Borčić, D., Čakarun, I. & Vidović-Despotović, N. (1972): Rezultati dosadašnjih hidrogeoloških istraživanja na području Baranje. Zbornik radova 2. jugosl. simpoz. hidrogeol. i inž. geol., 17–26, Sarajevo.
- Castany, G. (1967): *Traité pratique des eaux souterraines*, 696 p., Dunod, Paris
- Meinzer, O. E. (1959): *The Occurrence of Ground Water in the United States*. US. Survey Water-Supply Paper, 489, 321 p., Washington.
- Miletić, P. (1969): Hidrogeološke karakteristike Sjeverne Hrvatske, Geol. vjesnik, 22, 511–524, Zagreb.
- Miletić, P., Urumović, K. & Capar, A. (1971): Hidrogeologija prvog vodonosnog horizonta porječja Drave na području Hrvatske. Geol. vjesnik, 24, 149–154, Zagreb.
- Urumović, K. (1973): Hidrogeološke značajke Baranje, Geol. vjesnik, 26, Zagreb.

P. MILETIĆ, K. URUMOVIĆ and V. BLAŠKOVIĆ

#### GROUNDWATER BALANCE OF NORTHWESTERN BARANJA

Water supply of the town Beli Manastir and its surroundings imposed the necessity for a detailed hydrogeologic study of the region of northwestern Baranja. According to the regional development plan for this area, it is necessary to secure by the year 2000 the amount of  $2,7 \cdot 10^6$  cu. m. of water per year. An analysis of the hydrogeologic data has shown that there exists the possibility for the complete replenishment of such an amount of drawn groundwater from the infiltration of precipitation only.

A calculation has been carried out on the basis of the following limiting conditions: in the direction of the lake terrace and the Baranja ridge the boundary is with a constant influx, and in the direction of the alluvial plain the boundary is with a constant pressure. Surface waters (Drava and Danube Rivers) have been taken into consideration in the first approximation, but further calculation showed that the constant pressure along the boundary can be maintained through the sufficient influx of infiltration water in to the zone of exploitation.

The calculation has been carried out on the basis of two kinds of infiltration. The direct infiltration (in about 30% of the area) through the poorly permeable surface cover, and the indirect infiltration (on about 70% of the area) through the clayey interface ( $b = 4$  m.). It was found that such an infiltration in the exploitation conditions amounts to  $2,9 \cdot 10^6$  cu. m. per year (on the basis of a supposed average decrease of the groundwater level in the horizon of  $H = 14$  m.).

It has been found that the static reserves in the horizon (supposing its average thickness  $M = 12$  m., effective porosity  $n_{eff} = 0.25$  and the surface area  $P = 5.5 \cdot 10^7$  sq. m) amount to  $V_v = 165 \cdot 10^6$  cu. m.

On the basis of the hydrogeologic characteristics of the first waterbearing horizon in this part of the Baranja region (K. Urumović 1973), it can be concluded that it is possible to draw up till 25 l./sec. of water from an individual well. Because of the conditions exposed in this calculation (average decrease  $\Delta H = 14$  m) a considerable number of wells will be necessary for the exploitation of the anticipated amount of water.

The essential consequence of this analysis is the proof that in the close vicinity of Beli Manastir and of other consumers there is a waterbearing horizon containing water reserves sufficient for the population.

Considering the anticipated demand, for the time being there is no necessity for searching for another sources of water supply. The task remains to investigate this horizon in more detail in order to determine definitely the safe exploitation capacity as well as the necessary number and disposition wells.

*Primljeno (Received):* 18. 01. 1973.

*Zavod za opću i primijenjenu geologiju,  
Rudarsko-Geološko-naftni fakultet  
Department of general and applied  
geology  
Faculty of mining, geology and  
petroleum engineering, University of  
Zagreb  
Zagreb, Pierottieva 6*

Miletić, P., Urumović, K. & Blašković, V.

TABLA - PLATE I

