

# Monitoring učinkovitosti lateralnog kanala Zmajevac - Kneževi Vinogradi

---

**Tadić, Lidija; Brleković, Tamara; Blažević, Dunja; Leninger, Ivan**

*Source / Izvornik:* **Hrvatske vode u zaštiti okoliša i prirode, 2019, 163 - 171**

**Conference paper / Rad u zborniku**

*Publication status / Verzija rada:* **Published version / Objavljena verzija rada (izdavačev PDF)**

*Permanent link / Trajna poveznica:* <https://um.nsk.hr/um:nbn:hr:133:002779>

*Rights / Prava:* [In copyright](#)/[Zaštićeno autorskim pravom.](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-01-31**



GRAĐEVINSKI I ARHITEKTONSKI FAKULTET OSIJEK  
Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek

*Repository / Repozitorij:*

[Repository GrAFOS - Repository of Faculty of Civil Engineering and Architecture Osijek](#)





R 1.11.

## MONITORING UČINKOVITOSTI LATERALNOG KANALA ZMAJEVAC - KNEŽEVI VINOGRADI

**Lidija Tadić, Tamara Brleković, Dunja Blažević, Ivan Leninger**

*SAŽETAK*; Lateralni kanal Zmajevac-Kneževi Vinogradi duljine oko 12,3 kilometara izgrađen je 2015. godine i ima dvojaku funkciju. Njime se rješava se pitanje odvodnje brdskog dijela sliva ukupne površine oko 56 km<sup>2</sup> kao i opskrba vodom za navodnjavanje dijela Baranje tijekom sušnog razdoblja ukupne površine oko 5.000 ha.

Na cjelokupnoj dužini lateralnog kanala razlikuju se 3 karakteristična poprečna presjeka širine dna 2,0-3,0 m, jednostavnog ili složenog trapeznog presjeka, nagiba pokosa 1:1,5 - 1:2 - 1:3 i oblogom od glinovitog materijala u debljini 0,5 do 1,66 m.

Za potrebe projekta „Monitoring i analiza učinkovitosti dovoda vode lateralnim kanalom za potrebe navodnjavanja“ tijekom 12 mjeseci (2017. – 2018.) provodilo se opažanje vodostaja i razina podzemne vode u zaobilju Lateralnog kanala u 3 karakteristična presjeka (Kneževi Vinogradi, Suza i Zmajevac). Cilj monitoringa bio je utvrditi učinkovitost glinene obloge koja je ugrađena na pojedinim dionicama gdje je tlo s većim sadržajem pijeska. Monitoring je pokazao pozitivan učinak glinene obloge, ali i dominantan utjecaj Dunava na razinu podzemne vode u ovom dijelu Baranje. Nadalje, opažanja količina crpljene vode u/iz lateralnog kanala crpljenja omogućila su bilanciranje vode u sustavu navodnjavanja SN Baranja u ovoj fazi izgrađenosti.

*KLJUČNE RIJEČI*: monitoring, učinkovitost dovoda vode, navodnjavanje

### MONITORING OF THE LATERAL CANAL ZMAJEVAC-KNEŽEVI VINOGRADI EFFICIENCY

*ABSTRACT*: The lateral canal Zmajevac-Kneževi Vinogradi, completed in 2015, is about 12.3 km long and has two purposes. It resolves the drainage of the mountainous part of the basin with a total surface of approximately 56 km<sup>2</sup> and supplies water for irrigation of about 5,000 ha in Baranja during drought periods.

Along the entire canal length, there are 3 characteristic cross-sections ranging from 2.0 m - 3.0 m, depending on the bottom width. They are single or double trapezoidal cross sections, with side slopes of 1:1.5, 1:2 and 1:3, and a clay lining in the thickness of 0.5 m - 1.66 m.

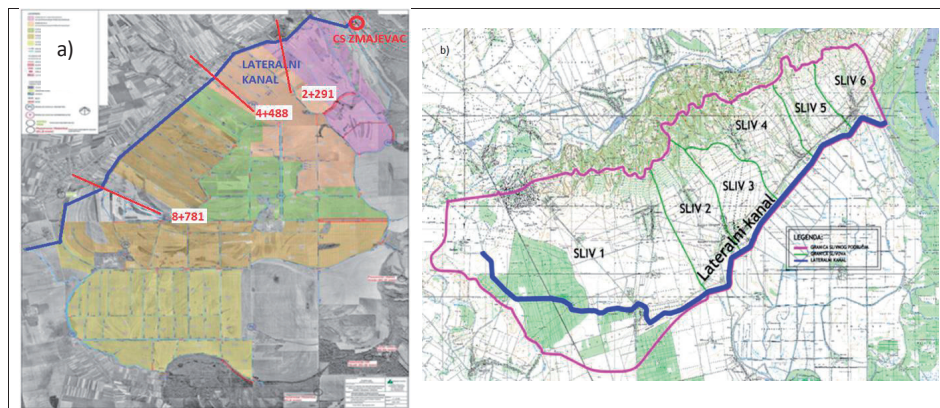
The implementation of the project “Monitoring and water conveyance efficiency analysis of the lateral irrigation canal” consisted of surface water level and groundwater level

monitoring in 3 characteristic cross sections (Kneževi Vinogradi, Suza and Zmajevac) in the period of 12 months. The purpose of monitoring was to evaluate the efficiency of the clay lining constructed in the canal sections passing through predominantly sandy soil. Although the monitoring confirmed the positive effect of the clay lining, it also showed the dominant influence of the Danube River on groundwater levels. In addition, monitoring of water quantities abstracted from the lateral canal facilitated the water balancing in the Baranja irrigation system at this stage of its development.

**KEYWORDS:** monitoring, water conveyance efficiency, irrigation

## 1. UVOD

Projekt „Monitoring i analiza učinkovitosti dovoda vode lateralnim kanalom za potrebe navodnjavanja“ započeo je u srpnju 2017. godine s rokom trajanja od 18 mjeseci. Cilj ovog istraživačkog projekta bio je definirati učinkovitost lateralnog kanala Kneževi Vinogradi-Zmajevac (dužine oko 12,3 km), glavnog dovodnog kanala za izgrađene i buduće sustave navodnjavanja u okviru SN Baranja. Cjelokupni sustav navodnjavanja SN Baranja sastoji se od 5 podsustava ukupne površine oko 5.000 ha, a lateralni kanal bi trebao osigurati dovod vode za cjelokupni sustav (Slika 1a). Pored toga, druga funkcija mu je funkcija odvodnje, kao obodnog/lateralnog kanala. Položajno je postavljen u podnožju baranjskih povišenih (brežuljkastih) terena te prikuplja vodu nastalu površinskim otjecanjem s povišenih terena (Slika 1b). Na taj način prikupljena voda reducira potrebu za crpljenjem vode iz Dunava tijekom vegetacijskog razdoblja i lateralni kanal ima ulogu akumulacije te je iz tog razloga kontrola gubitaka uslijed infiltracije vrlo važna. Da bi se uspješno zadovoljile potrebe dvonamjenskog korištenja kanala, traži se redovito održavanje i dobro upravljanje kanalom.

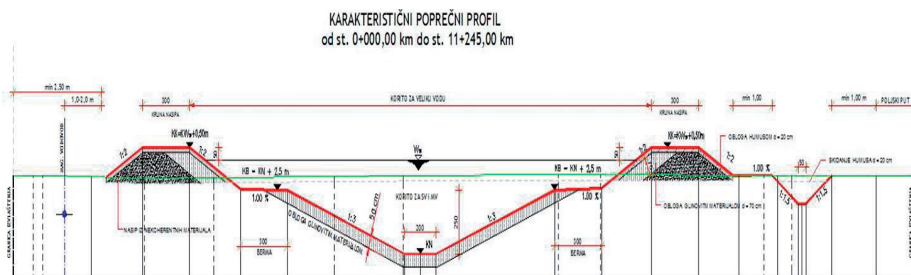


*Slika 1. Lateralni kanal s označenim podsustavima SN Baranja a) i slivna područja lateralnog kanala b) (IGH d.d., 2014.)*

### 1.1. Opis područja

Prema projektu, na cjelokupnoj dužini lateralnog kanala razlikuju se 3 karakteristična

poprečna presjeka. Od stacionaže 0+000 do 11+245 kanal ima dvostruki trapezni poprečni presjek i širinu dna 2,0 m. Nagib pokosa kanala je 1:3, a širina bermi 3,0 m. Nasipi su položeni obostrano, širine krune 3,0 m i nagiba pokosa 1:2. Kota krune nasipa definirana je relativno, 0,5 m iznad proračunske velike vode. Glinena obloga debljine oko 0,5 m postavljena je cijelom dužinom ove dionice (Slika 2).

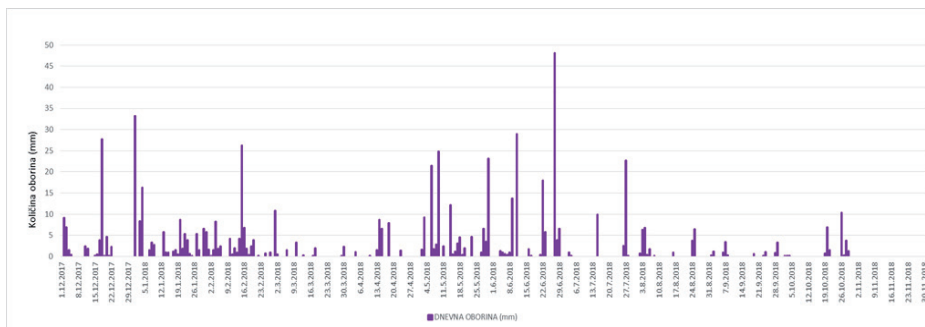


Slika 2. Projektirani karakteristični presjeci lateralnog kanala

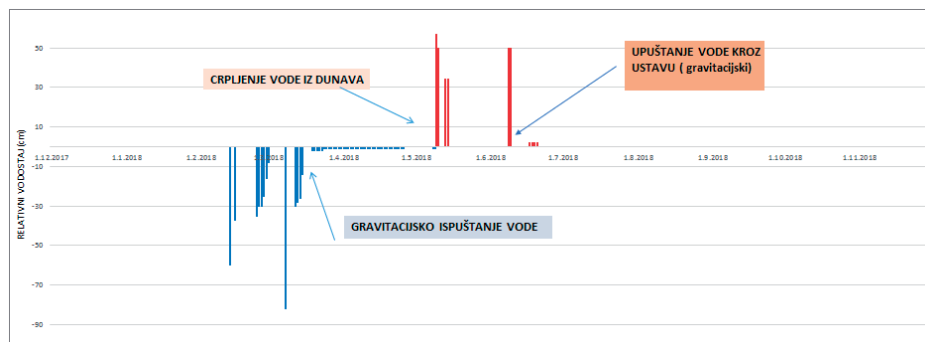
Sustavi za navodnjavanje kod kojih je dovođenje vode od zahvata do korisnika potpuno ili djelomično osigurano otvorenim kanalima u svijetu je relativno često, osobito kod velikih sustava, dok u Hrvatskoj nema mnogo iskustava s ovakvim načinom dovoda vode. Osnovna karakteristika dovoda vode otvorenim kanalima su potencijalno veliki gubici vode na infiltraciji vode kroz dno i pokose kanala, evaporaciji sa slobodne vodne površine i transpiraciji akvatičnog bilja i obrasta pokosa. Druga skupina problema vezana je uz stabilnost, odnosno održivost projektiranog/izvedenog poprečnog presjeka kanala. Voda zahvaćena iz otvorenih vodotoka značajnije je opterećena nanosom koji se sedimentira unutar poprečnog presjeka. Stoga se mogu očekivati promjene na poprečnom presjeku i njegovo smanjenje. U kojoj mjeri će sedimentacija biti izražena ovisi o brzini strujanja, ali i o činjenici da je lateralni kanal namijenjen i odvodnji u vanvegetacijskom razdoblju. Također se mogu očekivati promjene u ponašanju glinovite obloge tijekom eksploatacije kanala zbog utjecaja atmosferilija. Aktivnosti tijekom trajanja projekta mogu se podijeliti u 3 faze: pripremni radovi, opažanja i obrada podataka. U 1. fazi projekta, ugrađeno je 6 automatskih mjerača razine podzemnih voda u presjeku Suza (stacionaža 4+488,65) koji su automatski mjerili razine podzemnih voda svakih 6 sati.

U 2. fazi projekta, koja je trajala od 1. prosinca 2017. do 1. prosinca 2018. godine provodila su se terenska opažanja vodostaja u lateralnom kanalu, opažanja razina podzemnih voda u 5 piezometara postavljenim u presjecima Kneževi Vinogradi (stacionaža 8+781,08) i 6 piezometara u presjeku Zmajevac (stacionaža 2+291,72). Opažanja su vršena u relativno pravilnim vremenskim razmacima od oko 10 dana. Tijekom ove druge faze, dva puta su uzeti uzorci sedimenta u kanalu, površinske vode iz lateralnog kanala i podzemne vode iz jednog piezometra – u svibnju i studenom 2018. godine. U završnoj fazi projekta provedeno je matematičko modeliranje opažanih procesa primjenom modela MODFLOW. Za potrebe modeliranja korišteni su dnevni podatci o vodostajima, oborinama (Slika 3) i temperaturama zraka, kao i podatci o ispuštanju vode iz kanala kroz ustavu, odnosno crpljenju vode iz Dunava. Razdoblja gravitacijskog ispuštanja vode iz kanala dogodila su se dominantno tijekom veljače i ožujka, a u vrlo kratkom razdoblju od nekoliko sati u travnju i srpnju. Slika 4 prikazuje raspored ispuštanja iz kanala (plava

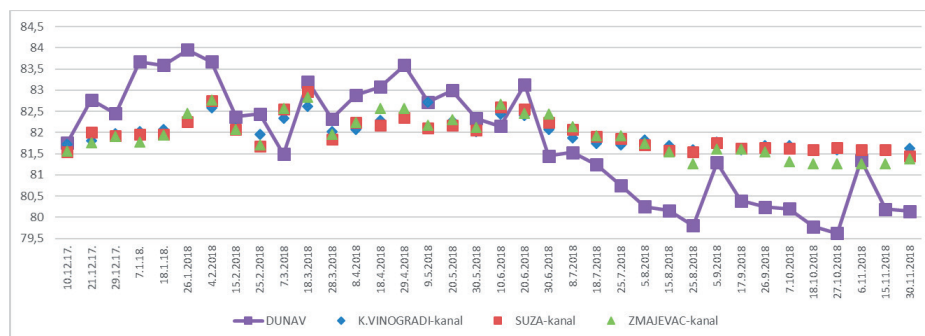
boja) i crpljenja vode u lateralni kanal iz Dunavca mehaničkim putem s izuzetkom jednog slučaja (između 17. i 20. lipnja kada se zbog povoljnih odnosa vodostaja voda iz Dunavca mogla gravitacijskim putem upustiti u lateralni kanal).



Slika 3. Količina dnevnih oborina (1. prosinca 2017. - 1. prosinca 2018.)



Slika 4. Raspored ispuštanja i upuštanja vode u lateralni kanal



Slika 5. Absolutni vodostaji Dunava i lateralnog kanala u sva 3 karakteristična presjeka

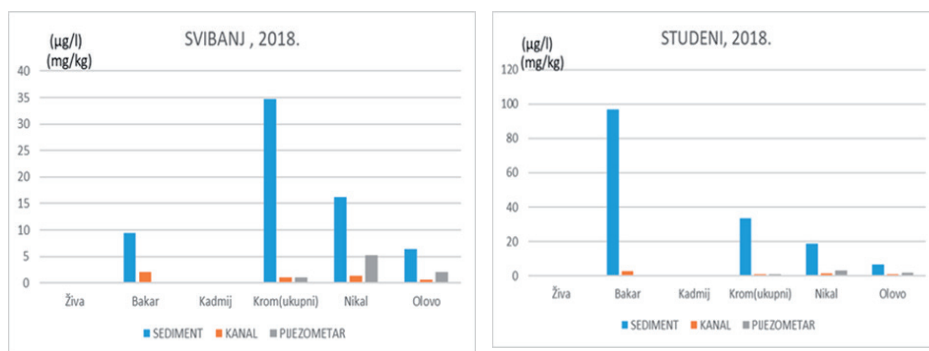
Vremenski hod vodostaja u lateralnom kanalu (Slika 5) i Dunavu pokazuje da je tijekom veljače i ožujka bilo moguće gravitacijsko ispuštanje vode iz kanala, a u svibnju i lipnju upuštanje vode (crpljenjem iz Dunavca i gravitacijskim upuštanjem, Slika 4). Od početka

kolovoza, pa do kraja studenog kanal je bio gotovo prazan. Nekonzistentnost u vodostajima lateralnog kanala u karakterističnim presjecima posljedica je narušavanja nivelete kanala zbog erozijskih procesa na pokosima kanala ili ispiranjem čestica tla površinskim otjecanjem s povišenijih dijelova sliva, a što je uobičajeni proces (Ferrero i drugi, 2002). To potvrđuje provedeno snimanje uzdužnog presjeka 2018.godine koje je uspoređeno sa snimkom izvedenog stanja (2015. godine.) Novo snimljeno dno preklapljeno je ponovo s uzdužnim profilom izvedenog stanja lateralnog kanala.

## 1.2. Analiza vode i sedimenta na teške metale

Jedan od istraživačkih zadataka bio je i analiza kakvoće površinske vode iz lateralnog kanala, podzemne vode zahvaćene iz piezometra i uzorka sedimenta na teške metale (živa, bakar, kadmij, olovo, krom i nikal). Uzorkovanje je provedeno 2 puta, u svibnju i studenom 2018. godine i svi uzorci uzeti su na presjeku Zmajevac. Onečišćenje sedimenta u vodotocima obično je dobar pokazatelj antropogenih utjecaja na slivu (Kaldermann, 2000; Belluci i drugi, 2002; Pandey i Singh, 2017).

U Hrvatskoj ne postoji pravilnik ili standard prema kojem bi se određivala onečišćenost sedimenta u kanalima, ali takvi standardi postoje u nekim drugim zemljama u Europi i izvan nje (Dalmacija, 2013). Ovaj problem ima dvojaki karakter – problem definiranja statusa sedimenta s obzirom na stupanj onečišćenosti i problem kategorizacije sedimenta u cilju određivanja mogućnosti njegovog odlaganja. Slika 6 prikazuje odnos koncentracija teških metala u sedimentu, površinskim i podzemnim vodama.



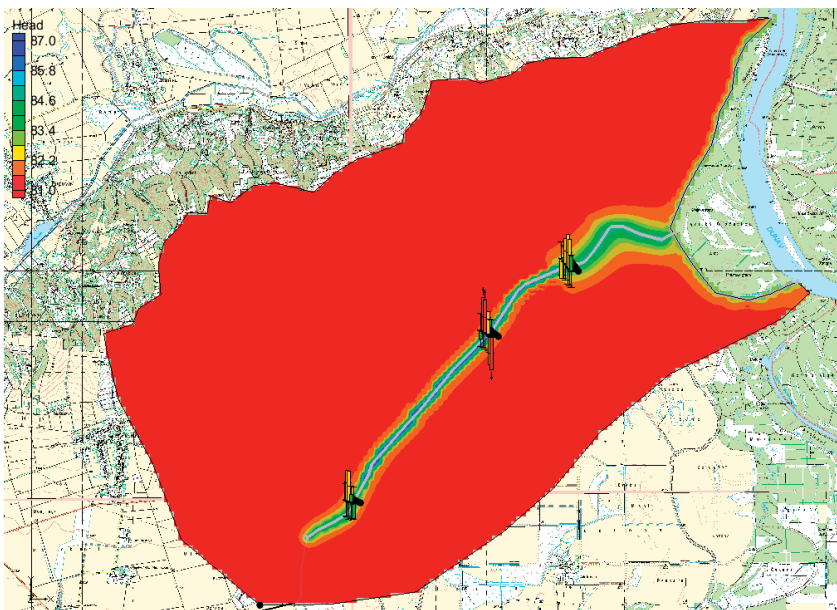
Slika 6. Onečišćenost površinske vode, podzemne vode i sedimenta u svibnju 2018. a) i studenom 2018. b)

Usporedba onečišćenosti sedimenta, površinske vode lateralnog kanala i podzemne vode zahvaćene iz piezometra u svibnju i studenom 2018. godine ima za cilj pokazati utjecaj površinskog otjecanja na stupanj onečišćenja. Prema dobivenim rezultatima nema razlike između onečišćenja kadmijem, kromom, bakrom, niklom i živom uzorkovanim nakon zimskog i proljetnog razdoblja s većom količinom oborina koja izaziva površinsko otjecanje i onečišćenja opažanog u jesen, nakon relativno sušnog razdoblja. Razlika je jedino kod koncentracije bakra koja je u studenom bila oko 10 x veća. Stoga ima osnova za ponavljanje uzorkovanja.

## 2. NUMERIČKI MODEL

Trodimenzionalni model strujanja podzemne vode rađen je u računalnom programu GMS 10.2 (Groundwater Modeling System). Model strujanja podzemne vode rađen je pomoću programskog paketa MODFLOW koji je integriran u GMS. Ovaj je program najčešće korišten u svijetu za modeliranje toka podzemne vode (Banta i drugi, 2010; Bordas, 2005, Harbaugh i drugi, 2000; Gjetvaj i drugi, 2011)

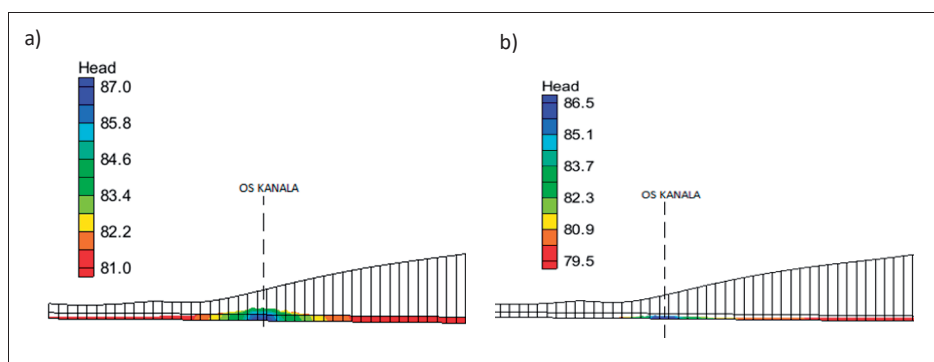
Ulazni podatci za konceptualni model vežu se uz datum 18. ožujka 2018. kada su zabilježene maksimalne razine podzemne vode. Nakon simulacije, rađena je kalibracija. Na takvom kalibriranom modelu provedena je i parametarska analiza kako bi se utvrdilo koji parametri imaju najveći utjecaj na strujanje podzemnih voda. Posljednja faza je izrada modela za minimalne razine podzemnih voda izmjerene na dan 27. listopada 2018. koji sadrži, osim ulaznih podataka koji odgovaraju stanju za taj datum, i parametre dobivene kalibracijom prvog modela kao što su koeficijenti filtracije tla. Konceptualni model predstavlja prvi korak modeliranja, a obuhvaća sve procese i podatke vezane uz analizirano područje. Konceptualnim modelom je obuhvaćen lateralni kanal, kao i njegovo okolno područje. Sjeverna granica modela se podudara s vododjelnicom slivnog područja samog kanala koja je prikazana na slici 1, dok je s južne strane modela obuhvaćen i dio poljoprivrednog područja koji bi se trebao u budućoj fazi razvoja sustava SN Baranja navodnjavati vodom iz kanala. Istočna granica modela je Dunavac koji ujedno predstavlja i rubni uvjet modela, dok je na ostalim granicama uvjet da nema tečenja. Na razini konceptualnog modela definirane su i lokacije piezometara i razine podzemne vode korištene za kalibraciju modela. Nakon provedene simulacije za maksimalne izmjerene razine, rađena je kalibracija za koju su korišteni piezometri ranije opisani.



Slika 7. Razine podzemne vode dobivene modelom nakon kalibracije

Kako bi se dobilo što točnije poklapanje, varirani su sljedeći parametri: hidraulička vodljivost slojeva tla, provodljivost dna kanala, infiltracija, veličina evapotranspiracije te ravnina koja ovisi o geometriji modela, a u kombinaciji s razinom podzemne vode utječe na količinu vode koja će ispariti evapotranspiracije. Točnost postignuta kalibracijom, odnosno poklapanje izmjerenih i izračunatih vrijednosti razina podzemne vode prikazana je na slici 7.

Rezultati modela pokazuju da su u neposrednoj blizini kanala razine podzemnih voda više u odnosu na okolni teren. Ovakvi rezultati ukazuju na to da kanal zapravo prihranjuje okolne podzemne vode u razdoblju velikih voda. Na slici 7. najniže razine su označene crvenom bojom, a najviše plavom. Najveća zona utjecaja kanala na podzemne vode je u blizini ušća kanala u Dunavac, dok je na ostatku dionice utjecaj samo na uskom području uz sam kanal. Kako je kalibracijom postignuta dobra podudarnost kod Kneževih Vinograda i Zmajevca, u nastavku će se prikazati rezultati simulacije stacionarnog strujanja preko poprečnih presjeka kod tih lokacija.



Slika 8. Razine podzemne vode – poprečni presjek kod Kneževih Vinograda u smjeru sjever-jug za maksimalne vodostaje u kanalu a) i minimalne vodostaje b)

Numerički model koji je obuhvatio lateralni kanal i njegovo okolno područje je pokazao dobro podudaranje s vrijednostima izmjerenim na terenu na području Kneževih Vinograda i Zmajevca, dok je najveće odstupanje u predjelu oko Suze, na srednjoj dionici kanala. Rezultati modela su pokazali da kanal prihranjuje podzemlje, što je osobito izraženo u uvjetima visokih vodostaja (Slika 8).

## ZAKLJUČAK

U hidrološkom smislu, razdoblje trajanja projekta, od 1. prosinca 2017. do 1. prosinca 2018. godine nije bilo osobito sušno. Količina oborina od 675 mm može se smatrati prosječnom, ali je njezin raspored bio relativno dobar. Izrazitije sušno razdoblje nastupilo je tek potkraj ljeta i u jesen kada potrebe za vodom nisu bile više velike. Stoga je potreba za navodnjavanjem bila relativno mala i to je imalo utjecaja na rezultate koji su prezentirani. Tijekom opažanog razdoblja 2017./2018. godina kanal je obavljao obje funkcije koje su predviđene projektom. Monitoring vodostaja u kanalu i razina podzemnih voda u piezometrima okomito na os kanala pokazao je djelomičnu učinkovitost glinene obloge,



odnosno komunikaciju površinske i podzemne vode. Rezultati modela su pokazali da kanal prihranjuje podzemlje, što je osobito izraženo u uvjetima visokih vodostaja. Najveća zona utjecaja kanala na podzemne vode je u blizini ušća kanala u Dunavac, dok je na ostatku dionice utjecaj samo na uskom području uz sam kanal. Onečišćenost na teške metale površinske vode iz lateralnog kanala, podzemne vode iz piezometra i sedimenta iz kanala ispitana je dva puta. Površinske i podzemne vode imale su stupanj onečišćenosti na teške metale izuzetno mali. Koncentracije teških metala u sedimentu su značajno veće, ali jedino kod bakra prelaze granične vrijednosti različitih inozemnih kriterija i to samo kod jednog uzorkovanja (studeni 2018). Kako je lateralni kanal u funkciji samo 3 godine, onečišćenost sedimenta trebalo bi pratiti zbog procesa akumulacije teških metala u sedimentu tijekom vremena. Nastavak monitoringa preporuča se i zbog činjenice da tijekom vremena učinak obloge kanala postaje sve manji.

## LITERATURA

- [1] Banta, E.R., (2000): *Modflow-2000, The U.S. Geological Survey Modular Ground-Water Model—Documentation Of Packages For Simulating Evapotranspiration With A Segmented Function (Ets1) And Drains With Return Flow (Drt1)*, U.S. Geological Survey Open-File Report 00-466.
- [2] Bellucci, L. G., Frignani, M., Paolucci, D., Ravanelli, M., (2002): *Distribution of heavy metals in sediments of the Venice Lagoon: the role of the industrial area*, Sci Total Environ. 295(1-3). 35-49.
- [3] Bordas, J.M., (2005): *Modeling groundwater flow and contaminant transport in fractured aquifers*, PhD Thesis, Air Force Institute of Technology, Ohio.
- [4] Ferrero A., Lisa L., Parenà S., Sudiro L., (2002): *Runoff and soil erosion from tilled and controlled grass-covered vineyards in a hillside catchment*, 9th Conference of the European Network of Exp. and Rep. Basins (ERB) Demänovská dolina (Slovakia), 25 – 28 Sept105-111
- [5] Frančičković-Bilinski, S., Mlakar, M., Bilinski, H., (2017): *Izrada prijedloga graničnih vrijednosti za određene opasne tvari u sedimentu kopnenih površinskih voda*, (elaborat); Gjetvaj G., Lončar, G., Malus, D., Ocvirk, E., (2011): *Primjeri međeutjecaja površinskih i podzemnih voda*, Građevinar, 63 (11), pp. 941-951.
- [6] Harbaugh, A.W., Banta, E.R., Hill, M.C., McDonald M.G., (2000): *Modflow-2000, The U.S. Geological Survey modular ground-water-User guide to modularization concepts and the ground-water flow process*, Open file Report 00-92, USGS, Reston, Virginia.
- [7] Dalmacija, B., Rončević S., (2013): *Kvalitet površinskih voda i sedimenta – procjena i upravljanje rizikom*, elaborat.Novi Sad.
- [8] Kelderman P, Drossaert, W.M.E. Zhang Min, Galione,L.S. Okonkwo,L.C.,Clarisse, I.A. (2000): *Pollution assessment of the canal sediments in the city of Delft (the Netherlands)*, Water Research 34 (3), pp 936–944.
- [9] Pandey, J. & Singh, R., (2017): *Heavy metals in sediments of Ganga River: up- and downstream urban influences*, Appl Water Sci (2017) 7: 1669. <https://doi.org/10.1007/s13201-015-0334-7>

- 
- [9] Tehničko izvješće o izvedbi 17 piezometara duž kanala Kneževi Vinogradi-Zmajevac, Vodovod-hidrogeološki radovi d.o.o., Osijek, 2017.godina.
- [10] Izvedbeni građevinski projekt Lateralnog kanala Kneževi Vinogradi-Zmajevac , Institut IGH d.d. 2014.

## AUTORI

dr. sc. Lidija Tadić <sup>a</sup>

dr. sc. Tamara Brleković <sup>a</sup>

Dunja Blažević, mag.ing aedif. <sup>a</sup>,

Ivan Leninger, univ. bacc. aedif. <sup>a</sup>

<sup>a</sup> Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, Ulica Vladimira Preloga 3, Osijek, 31000, Hrvatska, ltadic@gfos.hr, tamaradadic@gfos.hr, ileninger@live.com