

# Usporedba koncentracija nitrata, oborina i razina podzemnih voda opaženih na pokusnoj dionici kanala

---

**Breković, Tamara; Tadić, Lidija**

*Source / Izvornik:* **Hrvatske vode u zaštiti okoliša i prirode, 2019, 825 - 833**

**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:133:300451>

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

*Download date / Datum preuzimanja:* **2025-03-05**



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](#)



  
DIGITALNI AKADEMSKI ARHIVI I REPOZITORIJI



R 2.23.

## USPOREDBA KONCENTRACIJA NITRATA, OBORINA I RAZINA PODZEMNIH VODA OPAŽENIH NA POKUSNOJ DIONICI KANALA

**Tamara Brleković, Lidija Tadić**

*SAŽETAK:* Kako bi se definirali odnosi između koncentracije nitrata, oborina i podzemne vode te analiziralo onečišćenje podzemne vode uslijed poljoprivrednih aktivnosti, na bankinama melioracijskog kanala smještenog u blizini Osijeka ugrađeni su piezometri dubine 5 m iz kojih su analizirani uzorci podzemne vode u razdoblju od lipnja 2014. do lipnja 2016. godine. Kako je u melioracijskom kanalu vegetacija, a samo s lijeve strane poljoprivredna parcela, radila se i usporedba koncentracija opaženih na piezometrima koji su smješteni u istoj ravnini, ali na suprotnim bankinama. T je analiza pokazala da je 78,1 % slučajeva, koncentracija nitrata na lijevoj obali kanala, uz poljoprivrednu parcelu bila veća nego zabilježena koncentracija nitrata na desnoj obali u isto vrijeme unatoč maloj udaljenosti između piezometara. U radu su analizirane i korelacije nizova koncentracije nitrata, oborina i razina podzemne vode. Kako provedena analiza nije pokazala značajnu korelaciju, pristupilo se usporedbi distribucija navedenih nizova, a to je rađeno preko kopula. Značajnu korelaciju (koeficijent korelacije 0,706) pokazala je jedino usporedba maksimalnih zabilježenih razina podzemnih voda (gornji kvartil) i koncentracije nitrata na piezometrima smještenim na desnoj bankini kanala.

*KLJUČNE RIJEČI:* nitrati, kopula, korelacija, oborine, piezometri, podzemna voda, vegetacija

## COMPARISON OF NITRATE CONCENTRATIONS, PRECIPITATION AND GROUNDWATER LEVELS OBSERVED ON THE CANAL TEST SECTION

*ABSTRACT:* In order to define the relationship between nitrate concentrations, precipitation and groundwater and analyse groundwater pollution caused by agricultural activities, piezometers (of 5 m depth) were installed in the banks of an amelioration drainage canal located near Osijek. Groundwater samples from the piezometers were analysed in the period from June 2014 to June 2016. As there is an agricultural lot only on the left side of the canal and the rest contains vegetation, a comparison of concentrations observed in the piezometers located on the same plane but on the opposite canal banks was also performed. T-analysis showed that the nitrate concentration along the agricultural lot on

the canal's left bank was higher in 78.1 % of the cases than the simultaneously measured nitrate concentration on its right bank despite a short distance between the piezometers. The paper further analysed the correlations of the series of nitrate concentrations, precipitation and groundwater levels. As the performed analysis showed no significant correlation, the distributions of the copula series were also compared. Only the comparison of the maximum recorded groundwater levels (upper quartile) and nitrate concentrations in the piezometers located on the right canal bank showed a significant correlation (correlation coefficient of 0.706).

**KEYWORDS:** nitrates, copula, correlation, precipitation, piezometers, groundwater, vegetation

## 1. UVOD

Nitrati predstavljaju najčešće antropogeno onečišćenje podzemnih voda i često služe kao indikator kvalitete (Burton, 2007). Njihova prisutnost u podzemnim vodama izaziva značajan problem zbog negativnog utjecaja na ljudsko zdravlje i okoliš. Konzumiranje vode s povećanom koncentracijom nitrata uzrokuje kod djece i odraslih različite bolesti kao što su methemoglobinemija i rak, a u okolišu uzrokuju eutrofikaciju površinskih voda (Jiang i Somers, 2015; Wheeler i drugi, 2015; Filipović i drugi, 2013; Jovanović i drugi, 2008). Stabilan su spoj zbog čega su postojani u tlu i vodi, a zbog malih brzina strujanja podzemne vode, predstavljaju dugotrajno opterećenje na kvalitetu podzemne vode.

Nitrati nastaju procesima razlaganja dušika i njegovih spojeva. U podzemnu vodu dopijevaju najčešće poljoprivrednim aktivnostima koje predstavljaju najznačajniji antropogeni izvor onečišćenja nitrata (Matias, 2016; Menció i drugi, 2016).

Voda koja se ispire s poljoprivrednih parcela je bogata nutrijentima koji su preostali od primijenjenih gnojiva. Takva voda procjeđivanjem ili površinskim otjecanjem dolazi do melioracijskih kanala koji okružuju poljoprivredne parcele. Osim kvalitete vode (prisutnost nutrijenata), određena količina vode je uvijek prisutna jer se melioracijski kanali projektiraju na nižim točkama terena, a zbog prisutnosti vode, izražen je i rast vegetacije u njima. Vegetacija koristi nutrijente iz vode za rast i razvoj pri čemu smanjuje njihovu koncentraciju u vodi pa se koristi za pročišćavanje vode u biljnim uređajima za obradu otpadne vode, ali i u zaštitnim pojasevima (Borin i drugi, 2010). Kako su u melioracijskim kanalima ispunjeni nužni uvjeti za interakciju vegetacije i vode, i oni mogu imati ulogu na poboljšanje kvalitete vode.

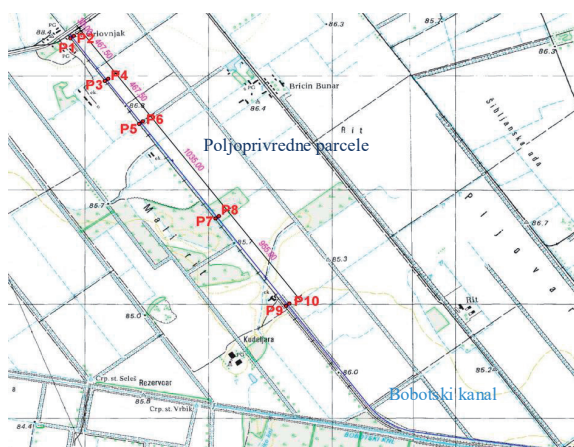
Kako bi se definirali odnosi između tih složenih pojava i analiziralo onečišćenje podzemne vode uslijed poljoprivrednih aktivnosti, na bankinama melioracijskog kanala smještenog u blizini Osijeka ugrađeni su piezometri iz kojih su analizirani uzorci podzemne vode.

## 2. MATERIJALI I METODE

Na pokusnoj dionici melioracijskog kanala Pumpa Orlovnjak provodila su se dvogodišnja terenska mjerenja, od lipnja 2014. do lipnja 2016. godine. Ovaj se kanal nalazi južno od Osijeka između naselja Antunovac i Tenja, a pripada slivnom području rijeke Vuke. Duljine je 6+072 km, a ulijeva se u Bobotski kanal koji se u blizini Vukovara ulijeva u rijeku Vuku. Pokusna dionica na kojoj se provode istraživanja nalazi se na uzvodna 3 km kanala kako bi se eliminirao utjecaj uspora Bobotskog kanala (slika 1). S lijeve

strane kanala nalaze se poljoprivredne parcele na kojoj se redovno primjenjuje prihrana uzgajanih kultura u obliku dušičnih gnojiva u skladu s Načelima dobre poljoprivredne prakse.

Tijekom proljeća 2014. god. na bankine kanala ugrađeno je 10 plitkih piezometara. Jedan je oštećen netom poslije ugradnje (P7) pa se istraživanje provodilo na ostalih 9. Njihove su lokacije naznačene na slici 1. Parno označeni piezometri su smješteni odmah uz poljoprivredne parcele na lijevoj obali kanala, a neparno na desnoj uz prilazni put. Piezometri su od PVC cijevi promjera 7 cm dubine 5 metara, a filtri se nalaze između 2. i 5. metra.



Slika 1. Kanal Pumpa Orlovnjak s naznačenom lokacijom piezometara (Dadić i Tadić, 2015)

Od lipnja 2014. god. su dva puta mjesečno, otprilike u dvotjednim intervalima, mjerene razine podzemnih voda i uzimani uzorci koji se nošeni na laboratorijsku analizu kako bi se odredila koncentracija nitrata. Uzorkovanje se vršilo tako što se prvo crpila količina vode koja je stajala u piezometru, a tek nakon toga se voda uzimala za analizu. Sva su terenska mjerenja i uzimanje uzoraka vršena u ranim jutarnjim satima, a uzorci su čuvani na niskoj temperaturi do laboratorijske analize.

### 3. REZULTATI

Najmanji broj uzoraka je iz piezometara P-1 i P-2 zato što su tijekom jeseni 2015. godine, uslijed malo oborina, presušili. Kod piezometara P-9 i P-10 je također manji broj uzoraka, ali iz drugog razloga. Oni su u proljeće 2016. godine pretrpjeli oštećenja pa se na tim mjestima nisu mogli uzimati uzorci do ugradnje novih plitkih piezometara. Najveća zabilježena koncentracija je 43,34 mg/l na piezometru P-4, a najmanja 0 na piezometru P-10.

Važno je istaknuti da tijekom cijelog analiziranog razdoblja, ni u jednom uzorku nije detektirana koncentracija nitrata veća od 50 mg/l što je maksimalna dopuštena koncentracija prema Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN56/2013), ali i granična vrijednost prema Nitratnoj direktivi (91/676/EEZ).

U tablici 2. prikazan broj uzoraka po pojedinom paru piezometara kao i koliko je puta razlika u koncentracijama na parnim piezometrima bila veća od koncentracije zabilježene na neparno označenom piezometru. Za sve pozitivne razlike određena je i srednja razlika, odnosno, postotak po paru.

Tablica 2. Analiza koncentracije nitrata po parovima piezometara

Par piezometara	Broj uzoraka	Frekvencija pojavljivanja $P_{\text{parno}} - P_{\text{neparno}} > 0$	Konc <sub>parno</sub> - Konc <sub>neparno</sub> * 100
P-1 i P-2	24	17	54,43 %
P-3 i P-4	28	27	52,35 %
P-5 i P-6	29	27	63,17 %
P-9 i P-10	24	11	80,05 %

Iz tablice 2. je vidljivo da je u velikom broju mjerenja, točnije 78,1 % slučajeva, koncentracija nitrata na lijevoj obali kanala bila veća nego zabilježena koncentracija nitrata na desnoj obali u isto vrijeme. To se najviše puta dogodilo na piezometrima P-3 i P-4, čak 27 od 28 mjerenja, i na piezometrima P-5 i P-6 (27 od 29 mjerenja).

Kako je već pokazano, koncentracije nitrata na parno označenim piezometrima su značajno veće od onih zabilježenih na neparno označenim piezometrima. Stoga su pri analizi korelacije formirana dva niza koncentracija nitrata. Prvi sadrži sve koncentracije zabilježene na neparnim piezometrima, a drugi one zabilježene na parnim piezometrima. Tako formirani nizovi uspoređivani su s nizom zabilježenih razina podzemne vode i nizom količina oborina koji je dobiven od DHMZ-a. Osim te usporedbe, analizirana je i korelacija između koncentracija nitrata i oborina s vremenskim odmakom od 2 tjedna i mjesec dana. Isti vremenski odmak primijenjen je i za razine podzemnih voda. Vremenski je odmak uzet u obzir je se pretpostavlja da se utjecaj oborina na podzemne vode i nitrate očituje tek nakon nekog vremena.

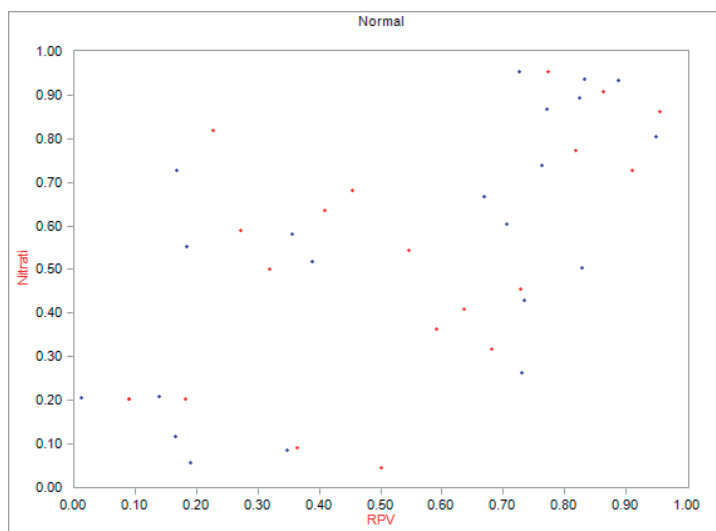
Zbog složenosti procesa, koeficijenti korelacije za sve analizirane parametre i slučajeve su dosta niski. Kod usporedbe podzemnih voda i oborina čak su zanemarivi. Najveća korelacija je postignuta kod koncentracije nitrata i podzemnih voda za vremenski odmak od mjesec dana (0,434) kod parnih piezometara. Kod neparnih piezometara je koeficijent korelacije također za ta dva parametra najveći iako je osjetno manji nego kod parnih, a varira od 0,243 do 0,256, ovisno o vremenskom odmaku.

Kako provedena analiza nije pokazala značajnu korelaciju, pristupilo se usporedbi distribucija navedenih nizova. Od svakog niza podataka formiran je histogram učestalosti po razredima. Kod nitrata su to razredi od 5 mg/l, kod razina podzemne vode (RPV) je 0,5 m.n.m. a kod oborina razred iznosi 12,5 mm. Na histograme koji prikazuju učestalost pojavljivanja određenog razreda, pridodane su distribucije koje najbolje odgovaraju prema kriterijima (Dadić, 2016). Tako definirane distribucije su međusobno uspoređivane preko kopula pri čemu su se kod odabira vrste kopula opet uzimali u obzir isti kriteriji kao i kod distribucija.

Analizom korelacije marginalnih distribucija preko Normalne kopule, potvrđeni su rezul-

tati dobiveni korelacijom nizova podataka. Razlika je vrlo mala pa je i ovdje najveća korelacija postignuta između nitrata zabilježenim na parnim piezometrima i razina podzemne vode gdje se koeficijent korelacije kreće od 0,3629 koji je dobiven kod usporedbe bez vremenskog odmak do 0,4196 za vremenski odmak od mjesec dana.

Kako su sve provedene usporedbe pokazale veću povezanost između koncentracije nitrata i razine podzemnih voda, provela se dodatna analiza prema kriteriju maksimalnih i minimalnih razina podzemnih voda za oba niza piezometara. Jedino je značajnu korelaciju pokazala usporedba maksimalnih zabilježenih razina podzemnih voda (gornji kvartil) i koncentracije nitrata na neparno označenim piezometrima gdje koeficijent korelacije iznosi 0,706. Izgled ulaznih podataka i onih dobivenih preko Normalne kopulom je prikazan na slici 2.



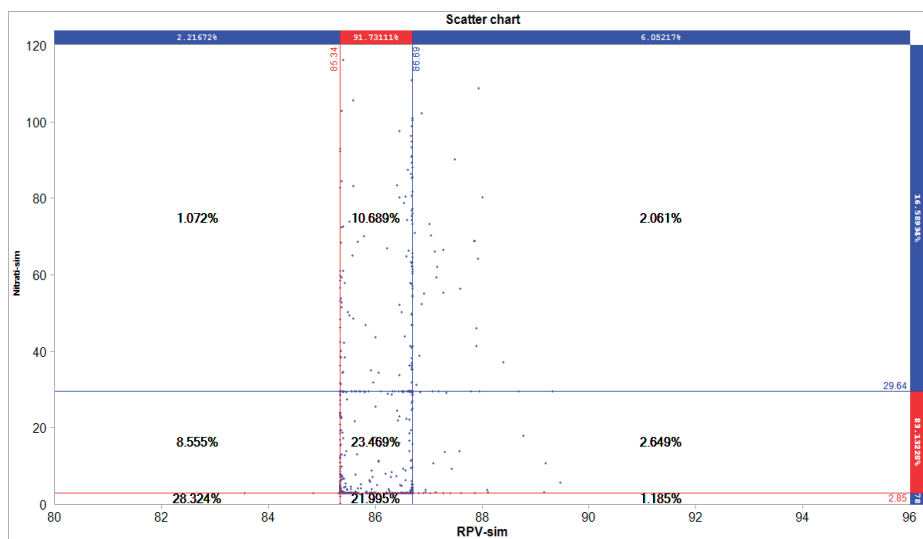
Slika 2. Vrijednosti dobivene kopulom (plavo označeno) i ulazni podatci (crveno označeno)

Na slici 2. je uočljivo dijagonalno grupiranje vrijednosti uz manje rasipanje što je rezultat većeg koeficijenta korelacije (0,706).

Ni u jednom od promatranih slučajeva nikakva korelacija nije postignuta između zabilježenih razina podzemne vode i oborina, a niti između oborina i koncentracije nitrata. Razlog tome je neposredna blizina kanala. Do sada provedena istraživanja o utjecaju oborina na nitrata (Filipović, 2012; Hooda i drugi, 2000) tvrde da porastom količine oborina, raste i koncentracija nitrata u podzemnoj vodi i da se taj odnos mijenja pri pojavi ekstremnih oborina uslijed kojih se koncentracija nitrata smanjuje. Rezultati ovog istraživanja nisu potvrdili postojanje korelacije između oborina i koncentracije nitrata, ali su potvrdili činjenicu da koncentracija nitrata opada porastom dubine podzemne vode (Rutkoviene i drugi, 2005).

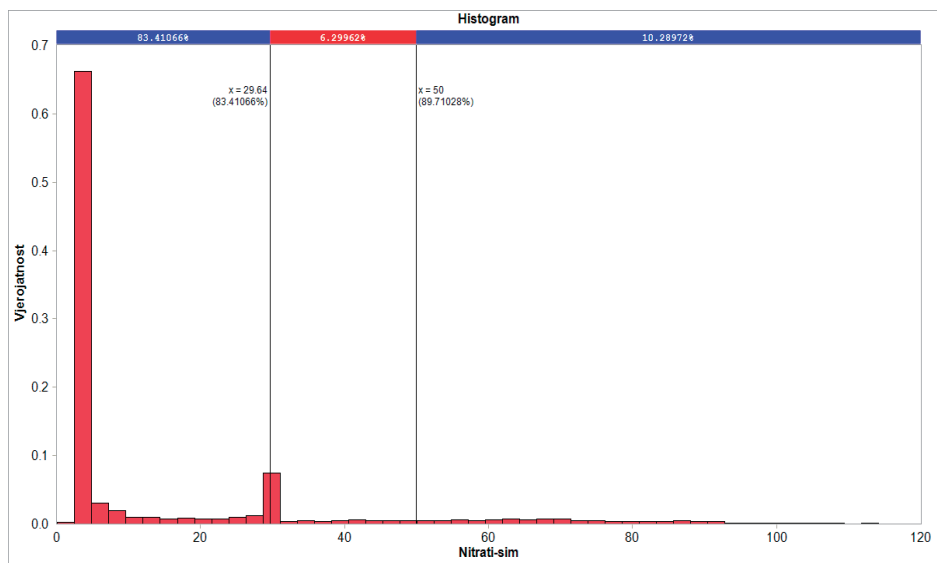
Koristeći Normalnu kopulu, generirano je 10 000 nasumičnih parova razine podzemnih voda i koncentracija nitrata kako je prikazano na slici 3. Na y osi su simulirane vrijednosti nitrata, a na x razina podzemne vode. Horizontalne linije predstavljaju najveću i najmanju

zabilježenu koncentraciju nitrata iz analiziranog niza, a iznose 29,64 i 2,85 mg/l. Vertikalne linije predstavljaju najveće i najmanje zabilježene razine podzemnih voda (86,69 i 85,34 m.n.m.). Vjerojatnost istovremenog pojavljivanja (koincidencije) koncentracije nitrata većih od 29,64 mg/l uz visoke razine podzemnih voda (86,69 m.n.m. i veće) iznosi 2,413 %. Vjerojatnost istovremenog pojavljivanja koncentracija nitrata većih od 2,85 mg/l i razina vode iznad 85,34 m.n.m. iznosi 49,01 %.



Slika 3. Vjerojatnosti koincidencije koncentracije nitrata i razina podzemne vode

Na slici 4 prikazan je histogram vrijednosti koncentracije nitrata koje su dobivene korelacijom s razinama podzemne vode i oborinama. Lijeva linija je postavljena na iznos najveće zabilježene koncentracije kod neparno označenih piezometara (29,64 mg/l), a desna na maksimalno dopuštenu koncentraciju nitrata (50 mg/l). Na slici se vidi da vjerojatnost pojavljivanja maksimalno zabilježene koncentracije, i većih od nje, iznosi 16,58 %, dok je vjerojatnost pojavljivanja koncentracije od 50 mg/l, što je granična vrijednost prema Pravilniku o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN56/2013), ali i prema Nitratnoj direktivi (91/676/EEZ), i veće 10,29 %.



Slika 4. Histogram vrijednosti koncentracije nitrata

## ZAKLJUČAK

Analizom i uspoređivanjem uzoraka vode iz parova piezometara koji su postavljeni u istim ravninama na obalama melioracijskog kanala, opažene su značajno manje koncentracije nitrata na onim piezometrima koji nisu uz poljoprivrednu parcelu, a udaljeni su samo nekoliko metara od onih koji jesu, čime se potvrđuje da prisustvo melioracijskih kanala, a posebice vegetacije u njima, utječe na smanjenje koncentracije nitrata u podzemnim. Najveća zabilježena koncentracija nitrata iznosi 43,34 mg/l što je manje od 50 mg/l koliko iznosi maksimalna dopuštena koncentracija propisana Pravilnikom o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju (NN56/2013), ali i Nitratnoj direktivi (91/676/EEZ).

Daljnja analiza rezultata terenskih mjerenja je pokazala da opažene koncentracije nitrata nemaju nikakvu korelaciju s količinom oborina, dok s razinama podzemne imaju vrlo mali koeficijent korelacije. Najveća je korelacija postignuta između maksimalnih razina podzemne vode i koncentracije nitrata na desnoj obali kanala čime je potvrđeno da koncentracija nitrata opada porastom dubine vode. Izračunata je i vjerojatnost pojave maksimalno dopuštene koncentracije nitrata od 50 mg/l i veće u podzemnim vodama u blizini melioracijskog kanala te ona iznosi 10,29 %. Ovim je pokazano da primjenom Načela dobre poljoprivredne prakse, onečišćenje podzemnih voda nitratima čak i u neposrednoj blizini poljoprivrednih parcela je malog intenziteta.



**LITERATURA**

- [1] Burton, M.A., (2007): *Application of a nitrate fate and transport model to the Abbotsford-Aumas aquifer, Whatcom county*, Washington, PhD Thesis, Faculty of Western Washington University, Washington.
- [2] Borin, M., Passoni, M., Thiene, M., Tempesta, T., (2010): *Multiple functions of buffer strips in farming areas*, European Journal and Agronomy (32), 103-111.
- [3] Dadić, T., (2016): *Pronos nitrata u uvjetima automorfnih i hidromorfnih tala na primjeru sliva rijeke Vuke*, doktorska disertacija, Građevinski fakultet Osijek.
- [4] Dadić, T., Tadić, L., (2015): *Promjena razine i kakvoće plitkih podzemnih voda opažanih na pokusnom kanalu*, Zbornik radova 6. hrvatske konferencija o vodama (Urednik: Biondić, D, Holjević, D., Vizner M.), Hrvatske vode, Zagreb, 269-277.
- [5] Filipović, V., (2012): *Primjena numeričkog modeliranja u procjeni kretanja vode i koncentracije nitrata u uvjetima hidromorfnih tala*, doktorska disertacija, Agronomski fakultet, Zagreb.
- [6] Filipović, V., Petošić, D., Nakić, Z., (2013): *Prisutnost nitrata u podzemnim vodama; izvori i procesi*, Hrvatske vode (21/84), 119-128.
- [7] Jiang, Y. i Somers, G., (2009): *Modeling effects of nitrate from non-point sources on groundwater quality in an agricultural watershed in Prince Edward Island, Canada*, Hydrogeology Journal (17), 707–724. DOI 10.1007/s10040-008-0390-2.
- [8] Jovanović, N.Z., Hon, A., Israel, S., Le Maitre, D., Rusinga, F., Soltau, L., Tredoux, G., Fey, M.V., Rozanov, A., van der Merwe N., (2008): *Nitrate leaching from soils cleared of alien vegetation*, WRC Report No. 1696/1/08.
- [9] Matiatos, I., (2016): *Nitrate source identification in groundwater of multiple land-use areas by combining isotopes and multivariate statistical analysis: A case study of Asopos basin (Central Greece)*, Science of the Total Environment (541), 802–814, doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.09.134.
- [10] Menció, A., Mas-Pla, J., Otero, N., Regàs, O., Boy-Roura, M., Puig, R., Bach, J., Domènech, C., Zamorano, M., Brusi, D., Folch, A., (2016): *Nitrate pollution of groundwater; all right...,but nothing else?*, Science of the Total Environment (539), 241–251. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.08.151.
- [11] Nitratna direktiva-91/676/EEZ.
- [12] Pravilnik o parametrima sukladnosti i metodama analize vode za ljudsku potrošnju, NN br. 56/2013.
- [13] Rutkoviene, V., Kusta, A., Česonienė, L., (2005): *Environmental Impact on Nitrate Levels in the Water of Shallow Wells*, Polish Journal of Environmental Studies (14/5), 631-637.
- [14] Wheeler, D.C., Nolan, B.T., Flory, A.R., DellaValle, C.T., Ward, M.H., (2015): *Modeling groundwater nitrate concentrations in private wells in Iowa*, Science of the Total Environment (536), 481–488. doi: 10.1016/j.scitotenv.2015.07.080.

**AUTORI**

doc. dr. sc. Tamara Brleković, mag.ing.aedif. <sup>a</sup>

prof. dr. sc. Lidija Tadić, dipl.ing. građ. <sup>b</sup>

<sup>a</sup> Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, Ulica Vladimira Preloga 3, 31 000 Osijek, Hrvatska, tamaradadic@gfos.hr

<sup>b</sup> Građevinski i arhitektonski fakultet Osijek, Ulica Vladimira Preloga 3, 31 000 Osijek, Hrvatska, ltadic@gfos.hr