

- Fiorillo, F. and Doglioni, A. (2010): The relation between karst spring discharge and rainfall by cross-correlation analysis (Campania, southern Italy). *Hydrogeology Journal*, 18, 8, 1881–1895.
- Larocque, M., Mangin, A., Razack, M. and Banton, O. (1998): Contribution of correlation and spectral analyses to the regional study of a large karst aquifer (Charente, France). *Journal of Hydrology*, 205, 3-4, 217-231.
- Lee, J.Y. and Lee, K.K. (2000): Use of hydrologic time series data for identification of recharge mechanism in a fractured bedrock aquifer system. *Journal of Hydrology*, 229, 3-4, 190–201.
- Lee, J., Kim, R.H. and Chang, H.W. (2003): Interaction between groundwater quality and hydraulic head in an area around an underground LPG storage cavern, Korea. *Environmental Geology*, 43, 8, 901-912.
- Lee, J.Y., Lim, H.S., Yoon, H.I. and Park, Y. (2013): Stream Water and Groundwater Interaction Revealed by Temperature Monitoring in Agricultural Areas. *Water* 2013, 5, 4, 1677-1698.
- Seeboonruang, U. (2015): An application of time-lag regression technique for assessment of groundwater fluctuations in a regulated river basin: a case study in Northeastern Thailand. *Environmental Earth Sciences*, 73, 10, 6511-6523.
- Welch, C., P. G. Cook, G. A. Harrington, and N. I. Robinson (2013): Propagation of solutes and pressure into aquifers following river stage rise, *Water Resour. Res.*, 49, 5246–5259.
- Wu, C.-M., T.-C. J. Yeh, J. Zhu, T. H. Lee, N.-S. Hsu, C.-H. Chen, and A. F. Sancho (2005): Traditional analysis of aquifer tests: Comparing apples to oranges? *Water Resour. Res.*, 41, W09402, doi:10.1029/2004WR003717.

Books

- Davis, J.C. (2002): *Statistics and Data Analysis in Geology*, Third Edition. John Wiley & Sons, Inc., New York, 638 p.
- Ford, D. and Williams, P. (2007): *Karst Hydrogeology and Geomorphology*. John Wiley & Sons, Chichester, UK, 562 p.

Reports written in non-English language

- Ratkaj, M. (2014): Identifikacija utjecaja vodostaja rijeke Save na vodostaj jezera Jarun (*Identification of impact of Sava river stage on lake Jarun stage*). Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb. (*in Croatian*)
- Vukojević, P. (2010): Identifikacija utjecaja vodostaja Dunava i Drave na vodostaj jezera Sakadaš (*Identification of impact of Danube and Drava river stage on lake Sakadaš stage*). Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Zagreb. (*in Croatian*)

SAŽETAK

Kroskorelacijsko modeliranje interakcije površinskih i podzemnih voda primjenom aplikacije Excel

Modeliranje odaziva razina podzemne vode vodonosnih sustava, a koji se javlja kao reakcija na promjene rubnih uvjeta vodonosnih sustava kao što su vodostaji rijeka ili potoka, uobičajeno se provodi primjenom statističkih metoda kao što su korelacija, kroskorelacija i regresija. Iako su alati za korelacijsku i regresijsku analizu dostupni u tabličnome kalkulatoru Excel, široko korištenome industrijskom standardu tabličnih kalkulatora, alat za kroskorelacijsku analizu nedostaje. U sklopu istraživanja prijenosa tlaka podzemne vode u aluvijalnim vodonosnim sustavima slijeva Save i Drave/Dunava, koje je u fokusu imalo procjenu vremena prijenosa tlaka podzemne vode u vodonosnicima, aplikacija Excel za kroskorelacijsku analizu izrađena je i korištena u modeliranju interakcije površinskih i podzemnih voda. Primjeri analize terenskih mjerenja na području zagrebačkoga vodonosnog sustava i Nacionalnoga parka *Kopački rit* korišteni su za ilustraciju korisnosti aplikacije. Kroskorelacija je proces u kojemu se uspoređuju vremenski nizovi, kao što su to npr. vremenski nizovi vodostaja rijeka i razine podzemne vode, uzastopnim pomacima jednoga vremenskoga niza, čime se određuje vremensko zaostajanje između vremenskih nizova temeljem određene pozicije maksimalne ekvivalencije (Davis, 2002). Određivanje pozicija izraženoga poklapanja vremenskih nizova, kao što su to vodostaji rijeka i razine podzemne vode, upućuje na vrijeme prijenosa tlaka podzemne vode koje je nužno da bi određeni dio vodonosnika reagirao na događaj porasta vodostaja rijeke. Istraživana su dva vodonosna sustava, zagrebački vodonosni sustav i vodonosni sustav Nacionalnoga parka *Kopački rit*, pri čemu su analizirani prijenosi tlaka u aluvijalne vodonosnike kao reakcija na porast vodostaja rijeke Save te Drave i Dunava. Također je dan i prikaz aplikacije za kroskorelacijsku analizu. Istraživanja su otkrila vrlo jaku vezu površinskih i podzemnih voda na dvama istraživanim lokalitetima, 1 i 3, na kojima dominiraju velike rijeke Sava, Drava i Dunav, a koje su u interakciji s vodonosnicima koja se, pak, koeficijentima kroskorelacije opisuje vrijednostima većima od 0,9, čija su posljedica vremena prijenosa tlaka od nekoliko sati do nekoliko dana. Lokalitet 2, na kojemu su uspoređivani vremenski nizovi vodostaja male rijeke Odre i razine podzemne vode zagrebačkoga vodonosnika, otkrio je slabiju vezu površinskih i podzemnih voda koja se koeficijentima kroskorelacije opisuje vrijednošću 0,55. Aplikacija Excel za kroskorelacijsku analizu nudi otvoreni VBA računalni kod te sučelje koje je jednostavno i lako za korištenje. Nadalje, aplikacija je besplatna za razliku od raznih komercijalnih aplikacija koje danas na tržištu nude programsku podršku za kroskorelacijsku analizu. Obrada vremenskih nizova podataka brza je, pouzdana i objektivna, što osigurava dosljednost u izvođenju obrada te primjenjivost na velike setove podataka.

Ključne riječi

kroskorelacija, tablični kalkulator Excel, interakcija površinskih i podzemnih voda