

UTJECAJ EKSTREMNIH ODSUPANJA U KOLIČINAMA PADALINA NA RAZINE PODZEMNIH VODA DUBOKOG KVARTARNOG VODONOSNIKA

THE EFFECT OF EXTREME DIFFERENCES IN THE QUANTITY OF RAINFALL ON GROUNDWATER LEVELS IN DEEP QUATERNARY AQUIFER

Željko Duić ^{1*}, Jasna Zima ², Barbara Rajič ¹

¹ Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, Pierottijeva 6, 10000 Zagreb, Hrvatska

² Vodovod Osijek, Poljski put 1, 31000 Osijek, Hrvatska

*E-mail adresa osobe za kontakt / e-mail of corresponding author: zeljko.duic@rgn.hr

Sažetak: U radu su dani podaci višegodišnjeg praćenja razina u dubokom kvartarnom vodonosniku izražene heterogenosti iz kojeg se zahvaćaju značajne količine vode. Obradeni podaci su prikupljeni tijekom rada crpilišta Vinogradi u Osijeku, za koje postoje pouzdani podaci o njegovom radu, te uhdan sustav monitoringa. Kako je mehanizam obnavljanja podzemnih voda, definiran ranijim istraživanjima, dominantno pod utjecajem padalina, u ovom radu analiziran je utjecaj ekstremnih odstupanja u godišnjim količinama padalina (koji se zapaža naročito zadnjih 10-15 godina) na razine podzemne vode. Kako se crpne količine na godišnjoj razini vrlo malo mijenjaju, a podaci o razinama podzemne vode ne pokazuju izrazito velike amplitude čak niti kod najvećih odstupanja u količinama oborine od dugogodišnjih srednjih vrijednosti zaključeno je kako ovakav tip vodonosnika predstavlja vrlo značajan vodni resurs. Zbog toga u budućnosti posebnu pozornost treba posvetiti kontinuiranom monitoringu, te očuvanju prirodne kakvoće podzemne vode.

Glavne riječi: hidrogeologija, crpilište, opažanja, Osijek, Hrvatska.

Abstract: In this paper, data are provided for a long-term monitoring of groundwater levels in the deep quaternary aquifer of expressed heterogeneity from which significant quantities of water are extracted. The processed data were collected during the operation of the Vinogradi wellfield in Osijek, for which reliable data on its operation and a high quality monitoring system exists. As the groundwater recharge mechanism, defined by earlier researches, is dominantly influenced by precipitation, this paper analyzes the impact of extreme deviations in annual precipitation volumes (which has been particularly evident for the last 10-15 years) at groundwater levels. Since pumping volumes on the annual level vary slightly, and the data on groundwater levels do not show very large amplitudes, even with the largest deviations in precipitation amounts from long-term mean values, it is concluded that this type of aquifer represents a very significant water resource. For this reason, special attention should be paid to continuous monitoring and the preservation of natural groundwater quality.

Keywords: hydrogeology, wellfield, monitoring, Osijek, Croatia

Received: 14.03.2018. / Accepted: 27.08.2018.

Published online: 17.12.2018.

Znanstveni rad / Scientific paper

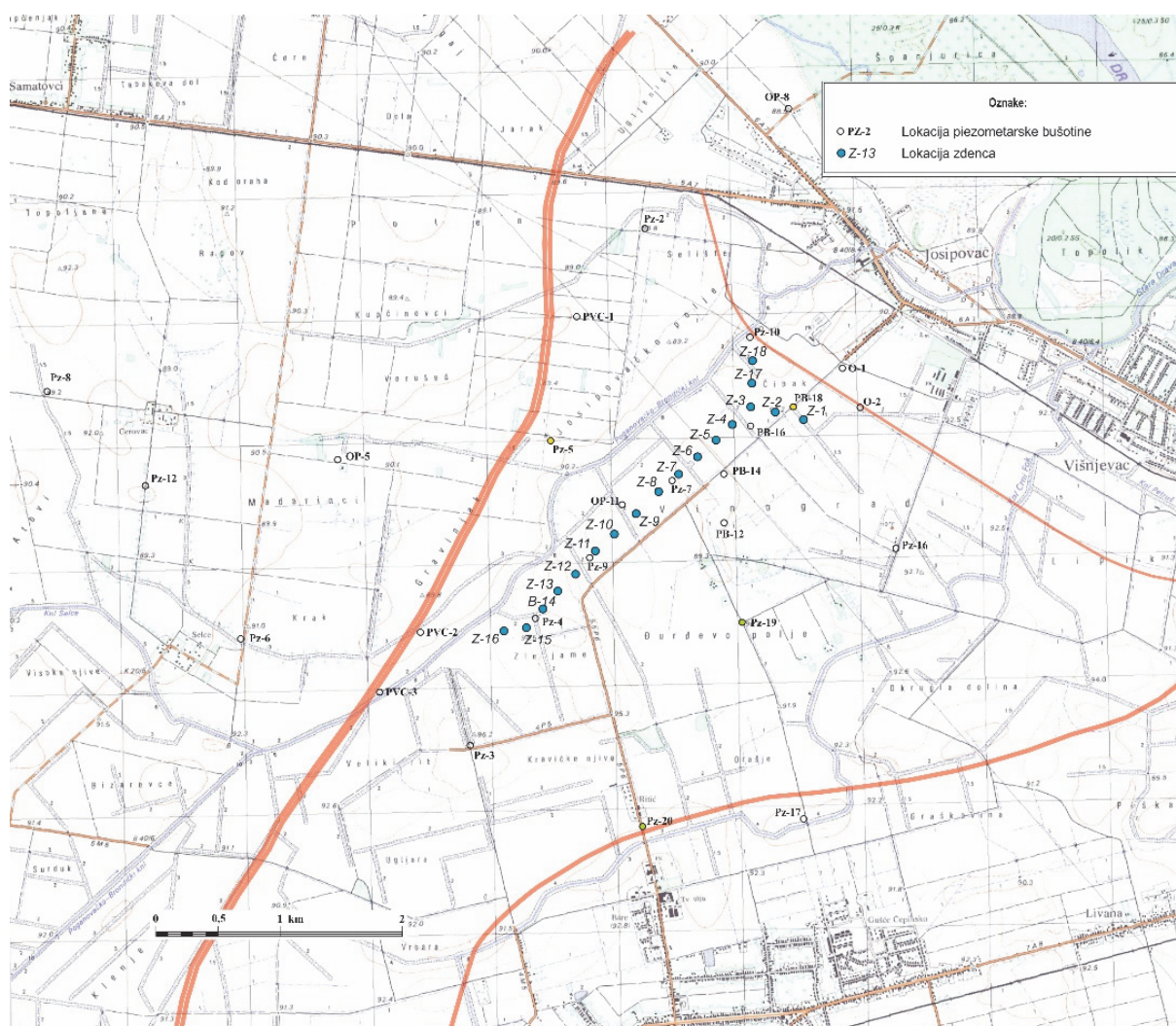
1. UVOD

Početak 21. stoljeća u okolišnom smislu obilježila je tema o globalnoj promjeni klime koja je postupno zamijenila sintagmu globalno zatopljenje. Postoje dva aspekta s kojih se promatra i raspravlja o toj temi, jedan je društveni, socio-ekonomsko-politički, a drugi je vezan uz egzaktna praćenja prirodnih pojava i prognoze njihovih promjena u budućem razdoblju. Opsežna literatura koja se spomenutom tematikom bavi ukazuje da zabilježena pojava klimatskih promjena, iako općeprihvaćena kako u znanstvenim, stručnim krugovima tako i u široj javnosti, ukazuje na postojanje neslaganja u opsegu (EEA 2017) pa čak i trendu tih promjena (Zaninović et al. 2008; DHMZ 2013).

U ovom radu pažnja je usmjerena na podzemne vode kao jedan od najvažnijih segmenata ekosustava, preciznije na odraz zabilježenih ekstremnih hidrometeoroloških uvjeta (izmjena izrazito vlažnih sa izrazito suhim i vrućim sezonama) na razine podzemne vode u dubokom aluvijalnom kvartarnom vodonosniku kakav je zahvaćen za potrebe javne vodoopskrbe na osječkom crpilištu Vinogradi. Radi se o najvećem crpilištu u Republici Hrvatskoj gdje je voda zahvaćena iz pješćanih vodonosnika. Na njemu je zahvaćen kompleks vodonosnih naslaga vrlo izražene heterogenosti i relativno niske hidrauličke vodljivosti, a iz kojeg se crpe količine od oko 450 l/s. Za spomenuto područje provedena su opsežna istraživanja, te se sustavno bilježe podaci o radu crpilišta Vinogradi i stanju razina podzemnih voda u njegovom okruženju.

2. GEOLOŠKO-HIDROGEOLOŠKI ODNOSI I KLIMATSKI POKAZATELJI PODRUČJA

Istraživano područje pripada istočnom, pretežito nizinskom dijelu Republike Hrvatske. Nalazi se u Osječko-baranjskoj županiji, udaljeno 10 km od grada Osijeka. Područje je smješteno na desnoj obali rijeke Drave, koja je imala glavnu ulogu u oblikovanju recentnog reljefa, te je građeno od mlađih riječnih naplavina i praporastih taložina. Crpilište Vinogradi se nalazi na samom razvodu između Poganovačko-Brodničkog kanala i Crnog Foka. Između najznačajnijih pritoka rijeke Drave na ovom području, rijeke Vuke te Karašice s najvećim pritokom Vučicom, je široko područje spleta kanala koji se dreniraju u Poganovačko-Brodnički kanal. Kanal se proteže od Čepinskih Martinaca do Josipovca gdje se ulijeva u staru Dravu. Crpilište Vinogradi se sastoji od niza 18 zdenaca. Linija zdenaca slijedi kanal na udaljenosti od 200 do 500 m od samog kanala (Slika 1).



Slika 1. Položaj eksploatacijskih zdenaca i piezometara na crpilištu Vinogradi

Površinski promatrano, geološka građa je vrlo jednolična kako kronostratigrafski jer su to sve najmlađe naslage koje pripadaju holocenu i najmlađem pleistocenu, tako i litološki jer su na površini uglavnom glina, prah i pijesak koji se pojavljuju u mješavini i izmjeni. Ipak, i površinski ima sustavnih diferencijacija kako u morfološkom tako i u litostratigrafskom smislu.

Analizom podataka o ovim bušotinama prikupljenim u cijelom području sjeverne Hrvatske [Urumović et al. \(1976\)](#) uočavaju dva kontrastna dijela u inače općoj izmjeni sitno i krupno klastičnih sedimenata. Granicu među njima označavaju uvjetnim markerom Q'. Kao značajke gornjega dijela naslaga ističu nekonsolidiranost materijala, relativno visoki udjel propusnih gruboklastičnih slojeva i sadržaj slatkih voda. Ispod markera Q' stupanj konsolidacije je veći, udjel propusnih, gruboklastičnih slojeva je smanjen i znatne su razlike u mineralizaciji slojnih voda kako po vertikali tako i horizontali, a mineralizacija vode je općenito povišena u odnosu na gornji dio jedinice. Naslage iznad markera Q' [Urumović et al. \(1976, 1978\)](#) pripisuju srednjem i gornjem pleistocenu, te

holocenu, a one ispod donjem pleistocenu i plioleistocenu. Činjenica da iznad repera Q' nastupa slijed naslaga u kojima regionalno dominiraju gruboklastične taložine navodi na zaključak da su oni posljedica regionalnih promjena u kvaliteti taloženoga materijala uzrokovanog promjenom paleoklimatskih uvjeta.

U cjelini kvartarnih naslaga iznad markera Q' pojavljuje se još jedan kontrast u litološkom razvitku sličan onome na razini Q'. Na regionalnom korelacijskom profilu označen je markerom X (**Slika 2**). Iznad njega slijede najgrublje taložine u cijeloj regiji istočnoga dijela Dravske depresije (Urumović 1982). Neposredno iznad ovoga markera zapažaju se pojedinačne sitne valutice šljunka na većem dijelu područja. Stječe se dojam da ove naslage predstavljaju posljedicu snažne transgresije širokih razmjera kada u Baranji, u inundacijskom dijelu Podunavlja, dolazi do taloženja naslaga šljunka debelih do 50 m. Na ovom su nivou jugoistočno od Osijeka na 60 m dubine, u sloju pijeska, nabušeni oblutci gnajs-granitnih stijena promjera do 120 mm. Dimenzije valutice su izuzetne za ove predjele, no pojava sitnih valutica šljunka registrirana je i na brojnim drugim bušotinama, a i elektrokarotazne korelacije potvrđuje regionalni karakter pojave koja je rezultirala s taloženjem najgrubljih taložina ovih predjela.

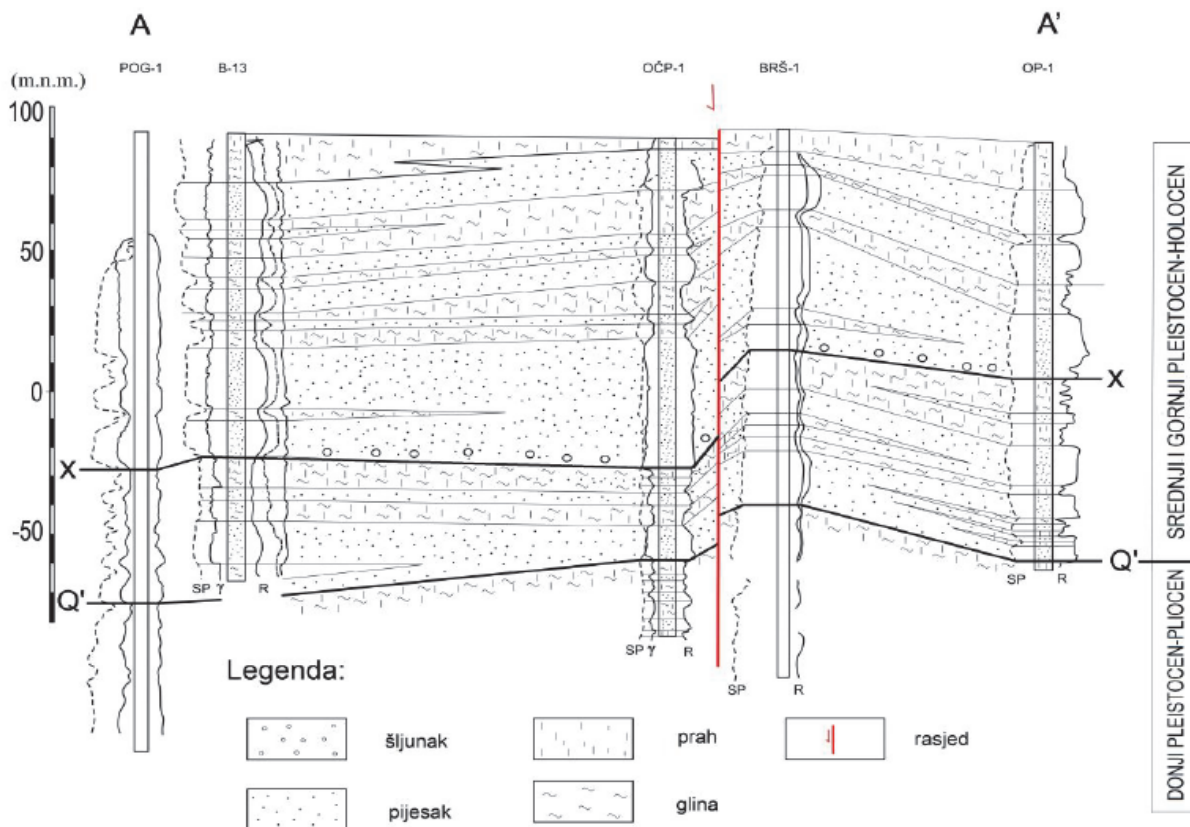
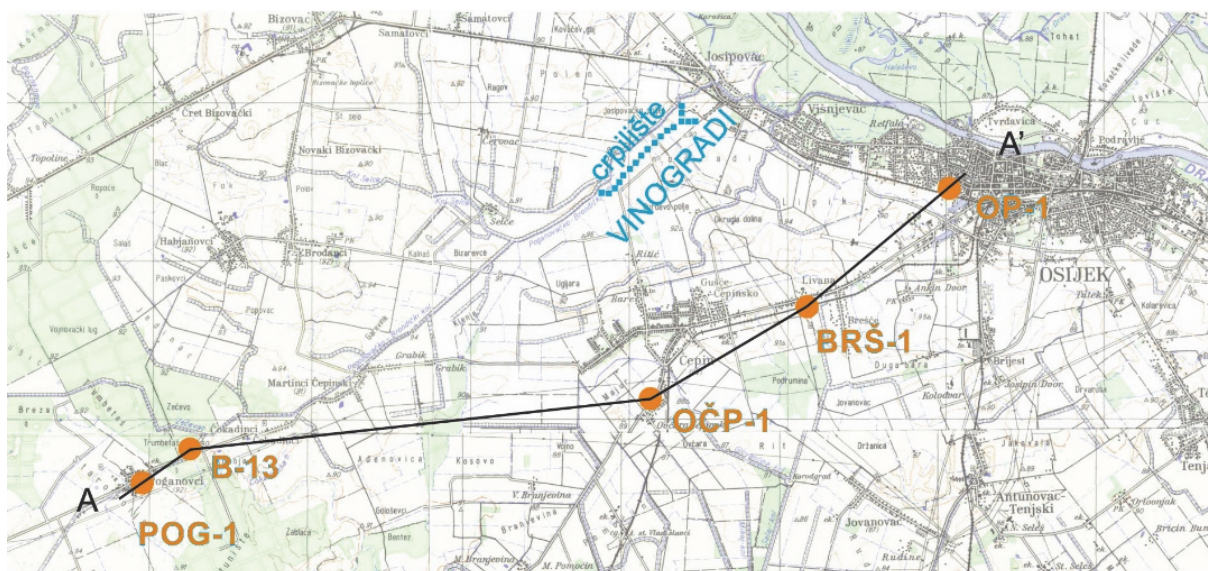
Gruboklastični materijali su u širem području crpilišta Vinogradi pretežito predstavljeni jednoličnim pijescima srednjega do sitnoga zrna veličine od 0,05 do 0,3 mm. To su pretežito zrnca kvarca udjel kojega doseže do 85%. U sitnozrnastim pijescima značajan je udio tinjaca, ponekad do te mjere da svojim bljeskanjem u bušotinskoj jezgri daju privid krupnijega zrna od stvarnoga. U mineralnom sastavu pijesaka također se pojavljuju odlomci karbonatnih stijena, feldspati, amfiboli, epidot i granati, prema kojima se zaključuje da su izvorišne stijene dominantno bili masivi Alpa, a u podređenoj mjeri slavonskih planina.

Sitnoklastični materijali predstavljeni su prahom, pjeskovitim prahom, te prahovitim do masnim glinama. Boje su sive, sivoplave do zelenkaste. U njima se često pojavljuju konkrecije kao fragmenti, oštrobriđni do slabo zaobljeni, obično svjetosive do zelenkaste i bjeličaste, vapnene boje. Za razliku od slojeva praha i gline koji su vlažni, nakupine konkrecija su obično sukcijski isušene, pa na elektrokarotaznim dijagramima ponekad pokazuju kontrastan otklon. U mineralnom sastavu redovito prevladavaju zrna kvarca, a nešto su podređeni tinjčasti minerali, zatim dolaze feldspati. U pojedinim dijelovima pojavljuje se značajan sadržaj kalcita, naročito u česticama iznad 0.06 mm, a među sitnijim montmorilonit doseže do 10 %.

Obnavljanje podzemnih voda u ovim predjelima je pod dominantnim utjecajem vertikalnih faktora bilance. Površinski tokovi ovdje predstavljaju, naime, najnižu piezometarsku razinu i prema tome trasiraju mjesta pražnjenja podzemnih voda u prirodnim uvjetima. Inverzna situacija događa se povremeno u inundacijskom području Drave i Dunava i to u vrijeme njihovih visokih vodostaja.

Vrijednost poniranja padalina istraživana je u ovim i susjednim područjima u više navrata. Prema ranijim analizama, iznos prosječne godišnje infiltracije padalina kreće se oko 14 do 16% visine godišnjih padalina. Obnavljanje podzemnih voda u dubljim vodonosnim slojevima odvija se procjeđivanjem kroz polupropusne međuslojeve iz vodonosnika s višom, prema vodonosniku s nižom piezometarskom razinom. Pražnjenje vodonosnog sustava uvjetovano je evapotranspiracijom, drenažom duž površinske hidrografske mreže i eksploatacijom (Duić 2007, Urumović et al, 2011).

Bilanca voda u izvornom sloju je, dakle, diktirana prinosima od poniranja padalina i davanjem prema kaptiranom vodonosniku. Utjecaj osciliranja ovih ulaza i izlaza na kaptirani vodonosnik prigušen je promjenom zaliha podzemnih voda u izvornom sloju, a opći pad razine podzemnih voda uzrokovan intenzivnom eksploatacijom, uvjetuje reduciranje vanjskog pražnjenja podzemnih voda (evapotranspiracija i drenaža duž površinske hidrografske mreže).



Slika 2. Regionalni korelacijski profil kvartarnih naslaga istraživanog područja (prema Urumović et al., 1978)

3. KORIŠTENI PODACI

3.1. Crpne količine zahvaćene eksploatacijskim zdencima na crpilištu Vinogradi

Na crpilištu Vinogradi zahvaćeni su vodonosni slojevi u dubinskom intervalu od 40 do 176 m. Crpne količine registriraju se na pojedinim zdencima i sumarno za cjelokupno crpilište. U provedenim istraživanjima definirano je da mjesečna srednja izdašnost crpilišta ne bi trebala prelaziti 600 l/s, dok bi dnevna kolebanja izdašnosti ovisila o tekućoj potrošnji, te radu uređaja za kondicioniranje i distribuciju vode. (Duić, 2007).

3.2. Količine padalina

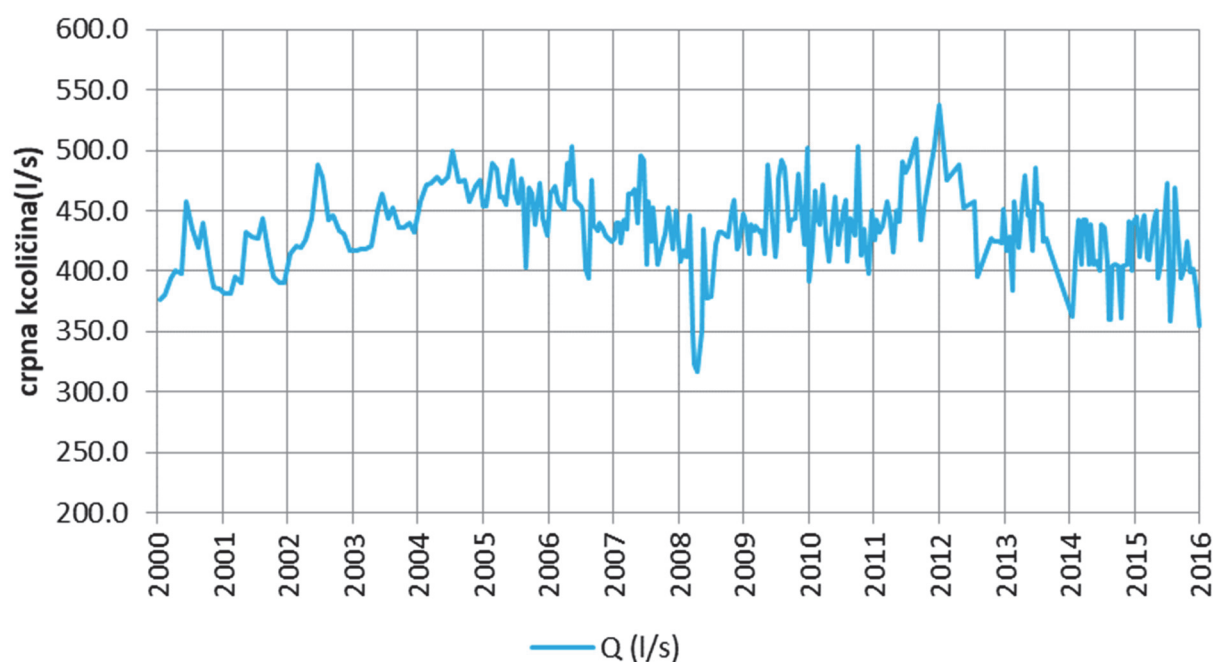
Prema dostupnim klimatološkim podacima umjereno kontinentalne klimatske prilike su u širem području općenito dosta homogene (Zaninović et al. 2008). U padalinskom režimu ističu se dva maksimuma, jedan koncem ljeta i drugi u jesen. Ovaj prvi maksimum povezan je s utjecajem kontinentalnoga pluviometrijskoga režima, dok jesenski maksimum nastaje pod utjecajem maritimnoga pluviometrijskog režima koji u prosjeku donosi nešto manji iznos padalina, ali veći broj kišnih dana. Za mjesečne padaline općenito su karakteristična velika odstupanja od prosječnih vrijednosti.

3.3. Opažanja razina podzemne vode na području crpilišta Vinogradi

U sklopu mreže opažanja podzemnih voda na crpilištu Vinogradi inicijalno je organizirano opažanje na svim zdencima (18 zdenaca) i najprikladnijim piezometarskim bušotinama načinjenim u sklopu tekućih i prethodnih istraživanja crpilišta, na 57 piezometarskih bušotina, na 22 lokacije. Naime, na većini lokacija postoji veći broj piezometara s različitim zacijevljenjem. Pri tome piezometri koji u svojoj oznaci imaju simbol „A“ bilježe razine u izvornom sloju. Tako primjerice na lokaciji Pz-7 postoji 5 piezometara od kojih Pz-7A zacijevljuje najblići, izvorni sloj koji nije zahvaćen eksploatacijskim zdencima, a koji se napaja infiltracijom padalina i preko kojega se odvija napajanje niže položenog zahvaćenog vodonosnika. Piezometarska cijev s oznakom Pz-7/1 zahvaća sve ili većinu slojeva u vodonosniku koji su zahvaćeni eksploatacijskim zdencima, a od tih slojeva pojedini su posebice zacijevljeni, tako da Pz-7/1 zahvaća prvi, Pz-7/2 zahvaća drugi, a Pz-7/3 zahvaća treći od slojeva u vodonosniku.

4. REZULTATI OBRADE PODATAKA I DISKUSIJA

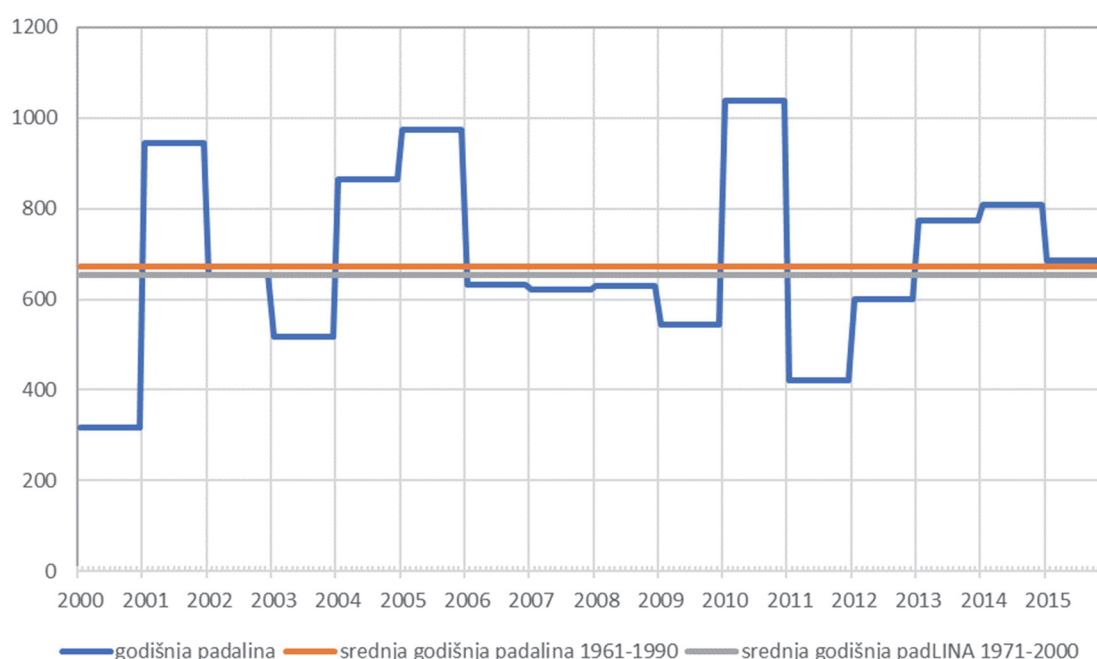
U posljednjih petnaestak godina, može se zapaziti da je prosječna crpna količina iznosi 435 l/s. (Slika 3).



Slika 3. Ukupna crpna količina na crpilištu Vinogradi za razdoblje 2000-2015. godine

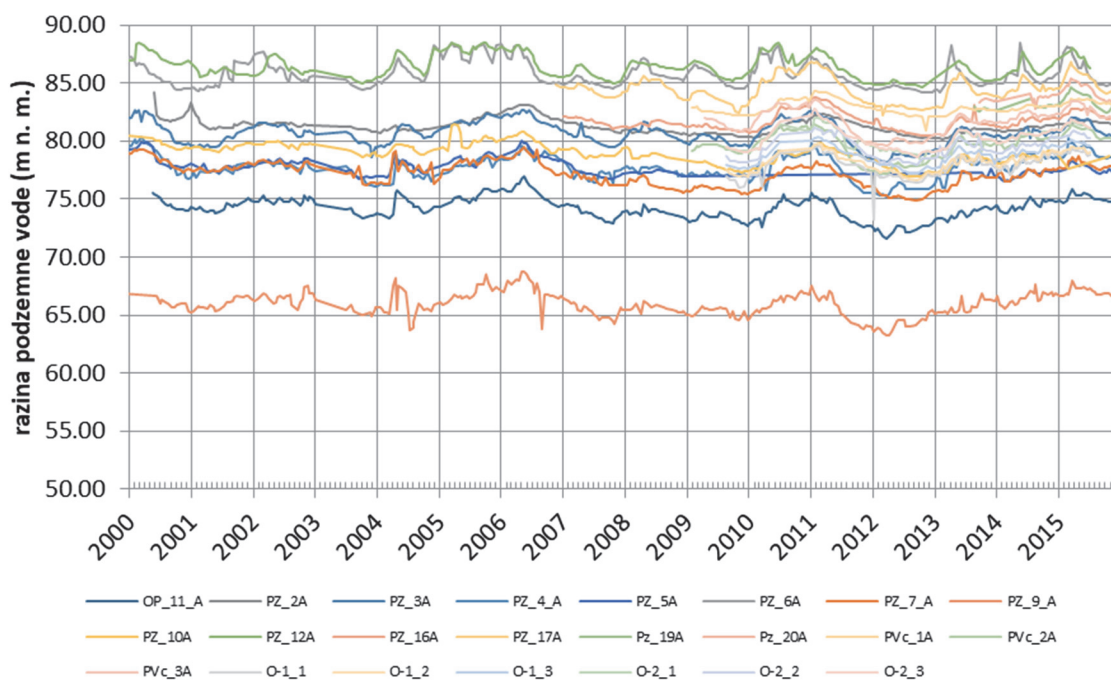
Kolebanja crpnih količina imala su općenito dobro izražen odraz na stanje razina podzemnih voda, međutim, intenzitet toga odraza ovisio je ne samo o udaljenosti, odnosno položaju pojedinih opažaćkih objekata i pojavama napajanja podzemnih voda u ovom heterogenom vodonosnom sustavu, nego i o pojavama starenja zdenaca, odnosno kondiciji zdenačkih sita po cijelom profilu zacijevljenja. Mogu se zapaziti povremena intenzivnija crpljenja, ali jednako tako i smanjenje crpnih količina uglavnom u zimskom razdoblju. Zapaža se izrazito smanjenje crpnih količina tijekom ožujka, travnja i svibnja 2008. godine.

Naročito su pri tome zanimljivi podaci o količinama padalina na području Osijeka izraženi u mm. Prosječna godišnja količina padalina na području Osijeka prema podacima DHMZ-a u razdoblju od 2000 do 2015 godine (**Slika 4**) iznosi 689 mm, što je vrlo blisko prosječnim vrijednostima za razdoblje 1961-1990 za koje iznosi 672 mm, odnosno za razdoblje 1971-2000 kada prosječna količina padalina iznosi 654 mm (Zaninović et al, 2008). Kod analize padalina zanimljivi su upravo podaci o odstupanju pojedinačnih godišnjih padalina od tih prosječnih vrijednosti. Zabilježeni su i ekstremi kako u smislu minimalne godišnje padaline u 2000. godini koja je iznosila 317 mm, tako i u vidu maksimalne zabilježene količine padaline mjerene u Osijeku za promatrano razdoblje koja je iznosila 1038 mm u 2010. godini.



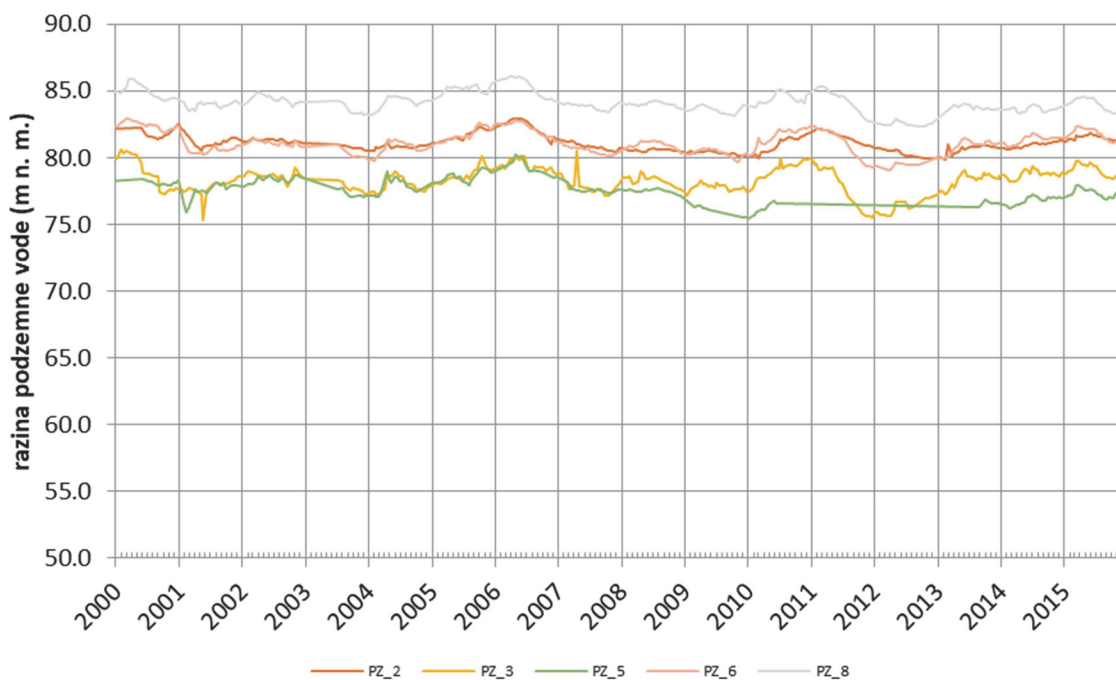
Slika 4. Padaline na meteorološkoj postaji Osijek razdoblje 2000-2015. godine

Ranijim analizama razina podzemnih voda u opažaćkim objektima crpilišta Vinogradi, zapaženo je da osim očekivane ovisnosti razina o padalinama, crpnim količinama i udaljenosti od eksploatacijskih zdenaca razina podzemnih voda ovisi i o pojavama starenja zdenaca, odnosno zatvaranja zdenačkih sita po cijelom profilu zacijevljenja. U nastavku će biti prikazani nivogrami karakterističnih aktivnih piezometara odnosno piezometarskih gnjezda koji najbolje pokazuju razvitak sniženja u vodonosnoj sredini i nisu pod utjecajem sniženja razina uzrokovanih padom specifične izdašnosti zdenaca. Kod analize razina podzemne vode posebice treba naglasiti učinak mjerila na koje se promatrane razine odnose. Po vertikali razlikujemo piezometre koje zahvaćaju izvorni sloj i u nazivu imaju simbol „A“ (**Slika 5**) koji očekivano pokazuju najbrži odgovor na meteorološke prilike i piezometre koje prate razine u slojevima zahvaćenim sitima eksploatacijskih zdenaca. (**Slike 6, 7, 8, 9**). Obzirom na udaljenost od linije zdenaca piezometri su podijeljeni u tri grupe; piezometre koji su udaljeni više od 1km od linije zdenaca (**Slika 6**), piezometre udaljene 100-500 m od linije zdenaca (**Slika 7**), te piezometre smještene neposredno uz eksploatacijske zdenice (**Slike 8, 9, 10**).



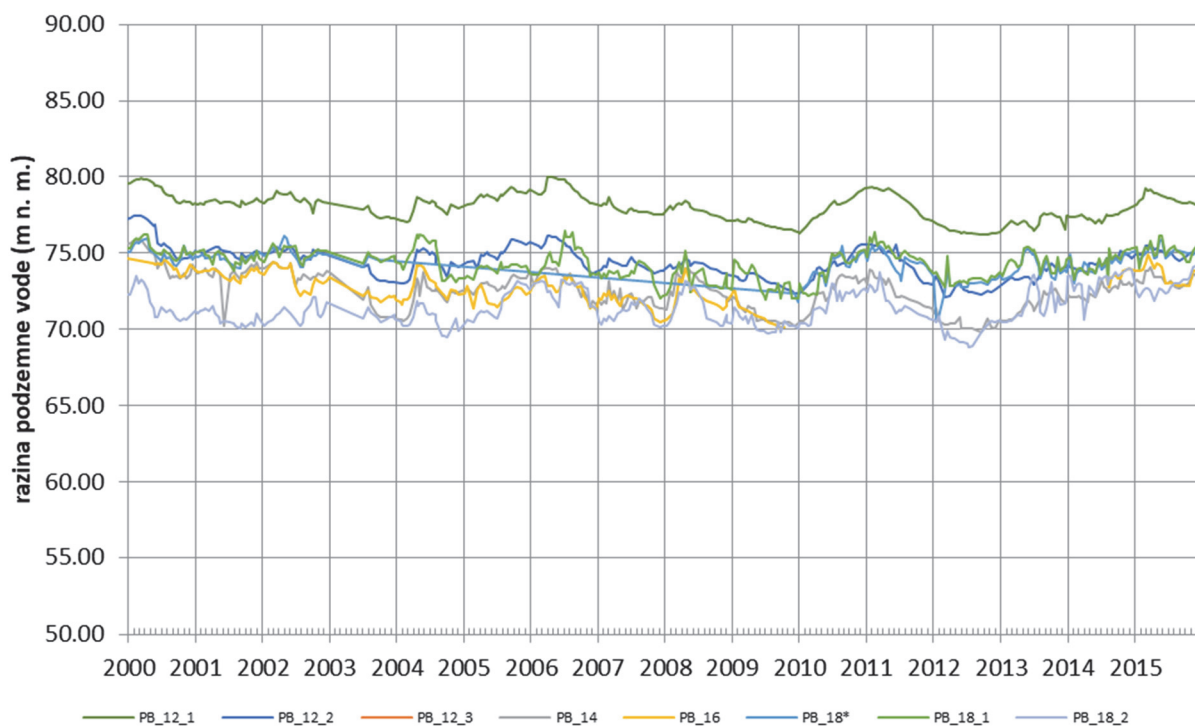
Slika 5. Razine podzemne vode u izvornom sloju crpilišta Vinogradi za razdoblje 2000-2015. godine

Najudaljeniji aktivni piezometar koji se opaža je piezometar PZ-8 udaljen oko 5 km od središta linije zdenaca. Na njemu i ostalim aktivnim piezometrima koji se nalaze na udaljenostima od oko 1-2 km (Slika 6), od zone zdenaca uočavaju se sezonska kolebanja razina podzemne vode kako u izvornom sloju tako i u slojevima zahvaćenim zdenacima na crpilištu. Na svim piezometrima i u svim slojevima uočava se porast razina tijekom 2005 pa sve do polovice 2006. godine što je u skladu sa zabilježenim iznadprosječnim količinama padalina tijekom 2004. i 2005. godine, a kojima je prethodila sušna 2003 godina. Godina s najvećom količinom oborina 2010 odražava se na razinama udaljenih piezometara s nešto nižim apsolutnim vrijednostima nego onima tijekom 2005 godine što se može objasniti zasićenjem vodonosnog sustava oborinama tijekom uglavnom prosječnih godina 2006-2009., no izrazito sušna 2011 prepoznaje se smanjenjem razina. Može se zaključiti kako unatoč vrlo izraženim razlikama u količinama padalina za promatrano razdoblje razine u udaljenim piezometrima amplitude razina variraju maksimalno 3-5 metara što s obzirom na ukupnu debljinu zahvaćenih slojeva koja iznosi 60-80 metara nije problematično sa stanovišta vodoopskrbe.



Slika 6. Kolebanje razine podzemne vode u udaljenim piezometrima.

Na slijedećoj slici (Slika 7) prikazano je kolebanje razine podzemne vode po profilu vodonosnoga sustava prema mjerenjima na piezometarskim glijezdima smještenim oko 100 do 500 m od eksploatacijskih zdenaca, dakle u njihovom neposrednijem okruženju. To su piezometarska glijezda PB-12 i PB-18, te usamljeni piezometri PB-14 i PB-16. Piezometarsko glijezdo PB-12 nalazi se oko 500 m jugoistočno od zdenca Z-7, dakle položeno je okomito na sredinu linije zdenaca, s tim da se piezometar PB-18* opažao nakon dužeg prekida od kraja 2009. godine. Na svim piezometrima u neposrednom okruženju crpilišta zapaža se vrlo sličan odraz koji je nastao kao kombinacija utjecaja crpilišta i infiltracije padalina kao mehanizma obnavljanja vodonosnika. Intenziteti tih odraza su različiti za pojedine piezometre ovisno o njihovoj dubini po profilu vodonosnika.



Slika 7. Kolebanje razine podzemne vode u piezometrima udaljenim 100 do 500 m od eksploatacijskih zdenaca.

Razine podzemne vode po profilu vodonosnoga sustava uzduž zdenaca, prikazane su za piezometarsko glijezdo PZ-7 (smješteno oko 20 m južno od zdenca Z-7) na Slici 8., za piezometarsko glijezdo PZ-4 (smješteno između zdenaca B-14 i Z-15) na Slici 9., a za piezometarsko glijezdo PZ-9 (smještenog pokraj zdenca Z-11) na Slici 10. U piezometrima koji zahvaćaju različite slojeve vodonosnika po dubini zapažaju se kolebanja ovisno o eksploatacijskim crpnim količinama, a također su razvidni utjecaji zatvaranja zdenačkih sita, što uzrokuje porast razine u pojedinim slojevima, odnosno snižavanje razine u slojevima u kojima se "pojačano crpi" (PZ-4-1, PZ-4-2, PZ-9-1 i PZ-9-2)



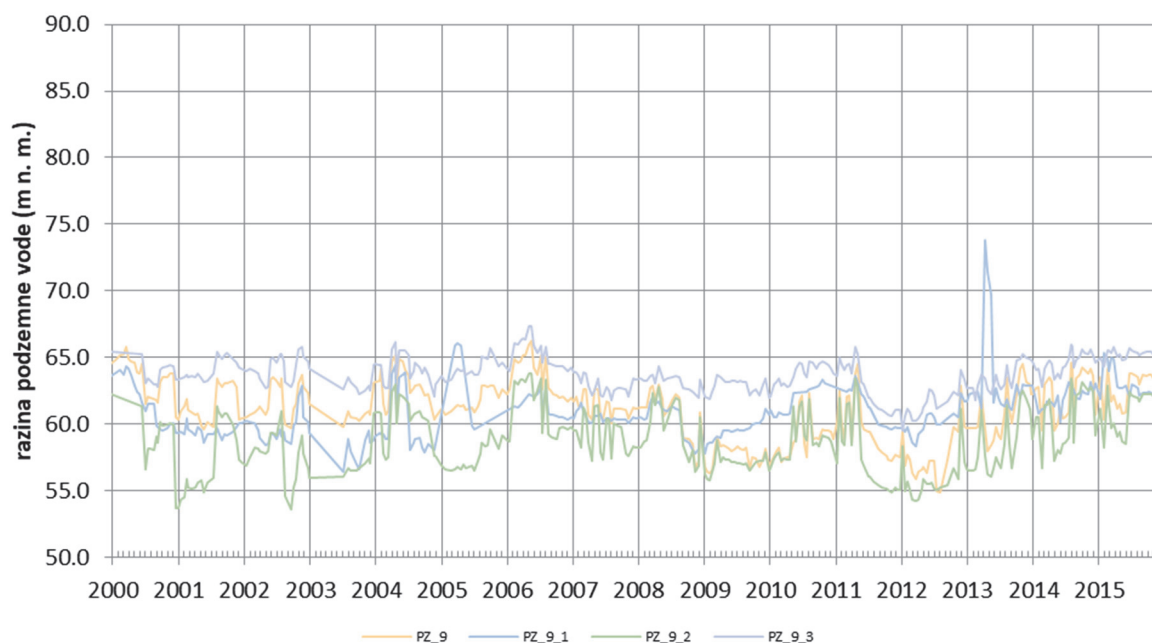
Slika 8. Kolebanje razine podzemne vode po profilu vodonosnika na lokaciji piezometarskoga gnijezda PZ-7 smještenog pokraj zdenaca Z-7.



Slika 9. Kolebanje razine podzemne vode po profilu vodonosnika na lokaciji piezometarskoga gnijezda PZ-4 smještenog između zdenaca Z-14 i Z-15.

Analizom nivograma za pokrovni sloj i zahvaćeni vodonosnik može se otkriti da porast razine u izvornom sloju kao rezultat napajanja uslijed padalina ima veću amplitudu od amplitude kolebanja razine vode u vodonosniku, te da maksimumi vodonosnika vremenski zaostaju 1-2 mjeseca za maksimumima u izvornom sloju.

Iz prikazane analize može se zaključiti da se potvrdio pretpostavljeni proces odvijanja infiltracije padalina i s tim povezano napajanje podzemnih voda koji je pretpostavljen u ranijim istraživanjima i studioznim analizama bilance podzemne vode na crpilištu Vinogradi (Duić 2007; Urumović et al. 2011).



Slika 10. Kolebanje razine podzemne vode po profilu vodonosnika na lokaciji piezometarskoga gnijezda PZ-9 smještenog pokraj zdenaca Z-11.

5. ZAKLJUČAK

Temeljem prikazanih podataka može se zaključiti kako razine podzemne vode dubokog kvartarnog vodonosnika kakav je zahvaćen na crpilištu Vinogradi ne pokazuju drastično opadanje čak niti tijekom ekstremno sušnih godina tijekom kojih količina padalina padne na manje od 50% vrijednosti dugogodišnjeg prosjeka. To se može pripisati inertnosti vodonosnog sustava uslijed njegove litološke građe i izrazite nehomogenosti, a pokazalo se kako i takvi vodonosnici mogu sadržati dragocjene količine podzemne vode, poglavito imajući na umu kako većina klimatoloških modela predviđa u budućnosti još izraženije ekstreme. Tijekom ekstremno vlažnih godina nadomješta se deficit vlage u podzemlju dok se suvišak vode drenira hidrografskom mrežom. U uvjetima značajno manjih količina padalina dolazi do reduciranja vanjskog pražnjenja podzemnih voda (evapotranspiracija i drenaža duž površinske hidrografske mreže).

Obzirom na izrečeno osim daljnjeg pomnog praćenja vodonosnih sustava koji zahvaćaju duboke vodonosnike kakav je slučaj crpilišta Vinogradi naročito treba naglasiti potrebu njihove zaštite odnosno održavanja prirodne kakvoće vode u njima.

6. LITERATURA

Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ), 2013: Šesto nacionalno izvješće Republike Hrvatske prema Okvirnoj konvenciji Ujedinjenih naroda o promjeni klime (UNFCCC), Zagreb

Duić, Ž. (2007): Obnovljivost zaliha podzemnih voda heterogenog vodonosnog kompleksa na primjeru osječkog crpilišta Vinogradi. Doktorska disertacija

European Environment Agency, 2017: Climate change, impacts and vulnerability in Europe 2016 An indicator-based report

Urumović, K. (1982): Hidrogeološke značajke istočnog dijela dravske potoline. Doktorska disertacija

Urumović, K., Duić, Ž., Hlevnjak, B. (2011): Impact of rainfall infiltration on groundwater recharge of the deep quaternary aquifer, *Geologia Croatica*. Vol. 64/1, pp 17-30

Urumović, K., Hernitz, Z., Šimon, J. (1978): O kvartarnim naslagama istočne Posavine (SR Hrvatska). *Geol. vjesnik*, 30/1, 297-304, Zagreb.

Urumović, K., Hernitz, Z., Šimon, J., Velić, J. (1976): O propusnom mediju kvartarnih, te gornjo i srednjopliocenskih naslaga sjeverne Hrvatske. IV jug.simp.o hidrogeol. i inž.geol., 2, 395-410, Skopje.

Zaninović, K., Gajić-Čapka, M., Perčec Tadić, M. et al, 2008: Klimatski atlas Hrvatske / Climate atlas of Croatia 1961–1990., 1971–2000. Državni hidrometeorološki zavod, Zagreb, 200 str.