Sezonske zalihe podzemnih voda na području vodnog tijela istočna Slavonija u slivu Drave

Magaš, Anđela

Master's thesis / Diplomski rad

2016

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:290500

Rights / Prava: In copyright / Zaštićeno autorskim pravom.

Download date / Datum preuzimanja: **2024-03-28**



Repository / Repozitorij:

Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb







SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET
Diplomski studij geološkog inženjerstva

SEZONSKE ZALIHE PODZEMNIH VODA NA PODRUČJU VODNOG TIJELA ISTOČNA SLAVONIJA U SLIVU DRAVE

Diplomski rad

Anđela Magaš
GI-234

Zagreb, 2016.

KLASA: 602-04/16-01/106
URBROJ: 251-70-03-16-3
U Zagrebu, 09.09.2016.

Anđela Magaš, studentica

RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju Vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-04/16-01/106, UR. BROJ: 251-70-03-16-1 od 12.04.2016. godine priopćujemo temu diplomskog rada koja glasi:

SEZONSKE ZALIHE PODZEMNIH VODA NA PODRUČJU VODNOG TIJELA ISTOČNA SLAVONIJA U SLIVU DRAVE

Za voditeljicu ovog diplomskog rada imenuje se u smislu Pravilnika o diplomskom ispitu dr. sc. Andrea Bačani, redovita profesorica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu.

Voditeljica

(potpis)

Prof. dr. sc. Andrea Bačani
(titula, ime i prezime)

Predsjednik povjerenstva za završne i diplomske ispite

(potpis)

Doc. dr. sc. Stanko Ružičić
(titula, ime i prezime)

Prodekanica za nastavu i studente

(potpis)

Izv. prof. dr. sc. Lidia Hrnčević
(titula, ime i prezime)

Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Diplomski rad

SEZONSKE ZALIHE PODZEMNIH VODA NA PODRUČJU VODNOG TIJELA ISTOČNA SLAVONIJA U SLIVU DRAVE

Anđela Magaš

Diplomski rad je izrađen: Sveučilište u Zagrebu
Rudarsko-geološko-naftni-fakultet
Zavod za geologiju i geološko inženjerstvo
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

SAŽETAK

U ovom radu određene su sezonske zalihe podzemne vode na području vodnog tijela istočna Slavonija u slivu Drave te je izračunat udio oborina koji prihranjuje sezonske zalihe podzemne vode promatranog područja u razdoblju od 1.10.2013. godine do 30.9.2014. godine. Korišteni su podaci iz trideset piezometara te podaci o oborinama s dvije meteorološke postaje na istraživanom području. Odabran je datum u kojem većina piezometara ima minimalne razine podzemne vode (niske vode - 3.10.2013.) i datum u kojem većina piezometara ima maksimalne razine podzemne vode (visoke vode - 19.5.2014.) te su izrađene karte ekvipotencijala. Oduzimanjem ekvipotencijala za visoke, odnosno za niske vode, dobivena je karta amplitude piezometarske razine. Sezonske zalihe podzemnih voda izračunate su množenjem površine istraživanog područja sa srednjom vrijednosti amplitude kolebanja piezometarske razine i efektivnom poroznosti pri čemu je dobivena vrijednost od $5{,}09 \times 10^8$ m^3 podzemne vode u promatranom razdoblju. Podaci o oborinama na temelju kojih je određen postotak oborina koji prihranjuje podzemne vode dobiveni su iz meteoroloških postaja Našice i Osijek. Sezonske zalihe podzemnih voda podijeljene su sa ukupnom količinom oborina u promatranom razdoblju te je izračunato da udio oborina koji obnavlja sezonske zalihe podzemne vode istočne Slavonije u slivu Drave iznosi 14,21%.

Ključne riječi: sezonske zalihe podzemnih voda, kvartarne naslage, istočna Slavonija, sliv Drave

Diplomski rad sadrži: 21 stranice, 3 tablice, 12 slika i 18 referenci
Jezik izvornika: hrvatski
Diplomski rad pohranjen: knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta

Mentor: Prof. dr. sc. Andrea Bačani
Ocjenjivači: Prof. dr. sc. Andrea Bačani
Doc. dr. sc. Dario Perković
Doc. dr. sc. Željko Duić

Datum obrane: 19.9.2016.

University of Zagreb Master's Thesis
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

SEASONAL RESOURCES OF GROUNDWATER IN THE AREA OF WATERBODY OF EASTERN SLAVONIA IN THE DRAVA RIVER BASIN

Anđela Magaš

Thesis completed at: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Department of Geology and Geological Engineering
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

ABSTRACT

In this thesis, seasonal groundwater resources in the area of eastern Slavonia waterbody in the Drava river basin are determined and the proportion of precipitation that recharges seasonal groundwater resources in the observed area in the period from 1th October 2013 to 30th September 2014 is calculated. Two dates were selected, the first one on which the majority of piezometers had the minimum level of the groundwater (low water - 3th October 2013) and second one on which the majority of the piezometers had a maximum level of groundwater (high water - 19th May 2014) and the maps of equipotentials lines were made. The map of the fluctuations in the level of groundwater was obtained by subtracting the equipotential lines of high, and of low water. Seasonal groundwater resources were calculated by multiplying the surface areas of researched area with mean values of amplitude fluctuations in the piezometer level and the effective porosity, whereby the value of 5, 09x108 m3 of groundwater in the observed period was obtained. The precipitation data were obtained from the meteorological stations Našice and Osijek and, based on them, a certain percentage of precipitation which recharges groundwater was determined. Seasonal groundwater resources were divided by the total amount of precipitation in the monitored period and it was calculated that the proportion of rainfall that replenishes the seasonal groundwater supply of Eastern Slavonia in the Drava river basin is 14,21%.

Keywords: seasonal groundwater resources, quaternary deposits, eastern Slavonija, Drava basin

Thesis contains: 21 pages, 3 tables, 12 figures and 18 references
Original in: Croatian
Thesis deposited at: The Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering

Supervisor: Full Professor Andrea Bačani, PhD
Reviewers: Full Professor Andrea Bačani, PhD
Assistant Professor Dario Perković, PhD
Assistant Professor Željko Duić, PhD

Date of defense: 19th of September, 2016

Sadržaj

1. Uvod 1

2. Geografski položaj istraživanog područja 2

3. Geološke i hidrogeološke značajke istraživanog područja 3

4. Metode istraživanja i rezultati 9

4.1. Sezonske zalihe podzemnih voda 15

4.2. Oborine 16

5. Zaključak 18

6. Literatura 20

Popis tablica

Tablica 4-1. Podaci o piezometrima na području vodnog tijela Istočna Slavonija u slivu Drave 10
Tablica 4-2. Podaci o oborinama s meteoroloških postaja Našice i Osijek..... 17
Tablica 4-3. Prikaz odnosa sezonske zalihe podzemnih voda i količine oborina..... 17

Popis slika

Slika 2-1. Granice istraživanog područja s naznačenim piezometrima..... 2
Slika 3-1. Geološka karta istraživanog područja 4
Slika 3-2. Prostiranje glavnih hidrogeoloških značajki osnovnih vodonosnika u grupiranom vodnom tijelu Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava (preuzeto iz Nakić i dr., 2016)..... 5
Slika 3-3. Prvi uzdužni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava (preuzeto iz Nakić i dr., 2016)..... 6
Slika 3-4. Drugi uzdužni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava (preuzeto iz Nakić i dr., 2016) 6
Slika 3-5. Poprečni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava (preuzeto iz Nakić i dr., 2016)..... 8
Slika 4-1. Karta ekvipotencijala za niske vode na datum 3.10.2013. 11
Slika 4-2. Karta ekvipotencijala za visoke vode na datum 19.5.2014. 11
Slika 4-3. Karta amplitude kolebanja piezometarske razine 12
Slika 4-4. Prostorni položaj profila A-B..... 13
Slika 4-5. Shematski profil amplitude kolebanja piezometarske razine..... 14
Slika 4-6. Meteorološke postaje na istraživanom području..... 16

1. Uvod

Sezonske zalihe predstavljaju količinu vode koja se nalazi između najmanjeg i najvišeg vodostaja u promatranom razdoblju. One se obnavljaju infiltracijom oborina, procjeđivanjem iz vodotoka ili drugih površinskih voda te dotjecanjem vode kroz podzemlje iz drugih područja. Podzemne vode istočne Slavonije u slivu Drave se praktički isključivo prihranjuju infiltracijom oborina.

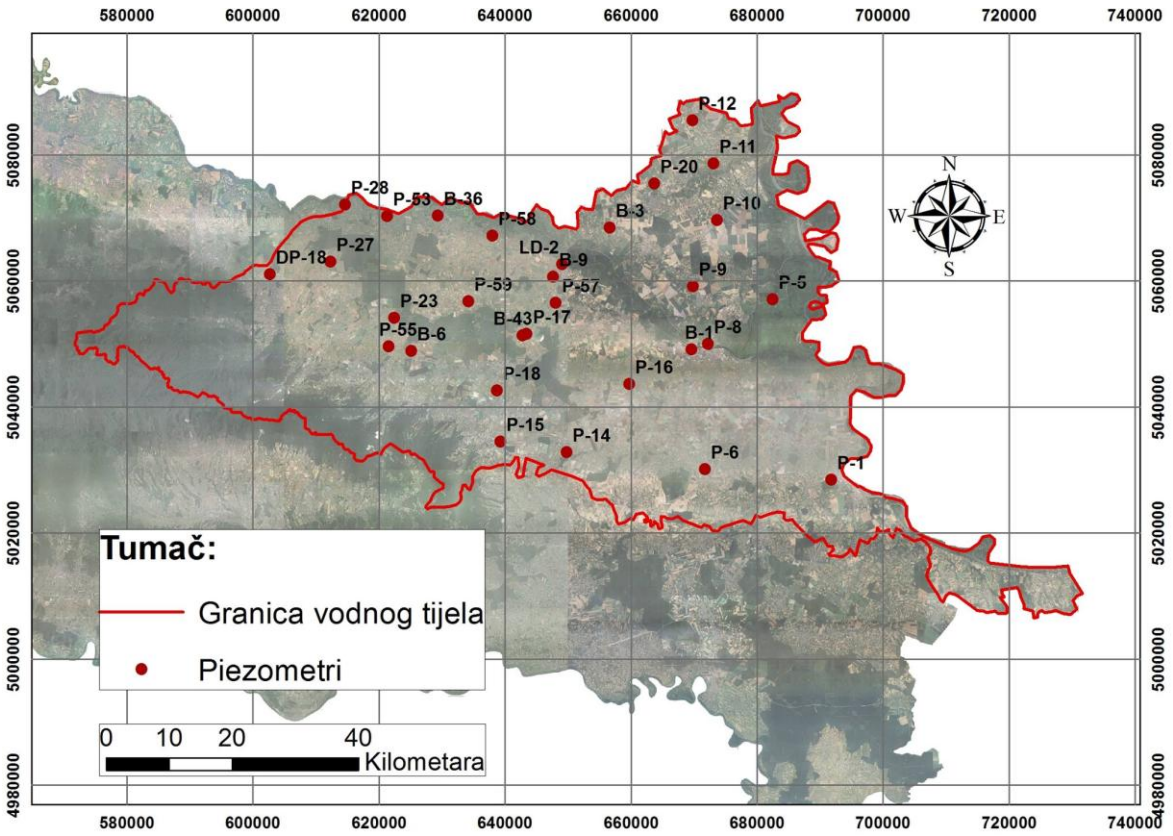
Cilj ovog rada bio je odrediti sezonske zalihe podzemnih voda na području vodnog tijela Istočna Slavonija u slivu Drave unutar jedne hidrološke godine, odnosno u razdoblju od 1.10.2013. godine do 30.9.2014. godine. Korišteni su podaci iz trideset piezometara, koji su preuzeti iz projekta „Definiranje trendova i ocjena stanja podzemnih voda na području panonskog dijela Hrvatske“ koji je provodio Rudarsko-geološko-naftni fakultet u suradnji s Hrvatskim vodama te podaci o oborinama sa dvije meteorološke postaje na istraživanom području.

Na temelju tih podataka napravljene su karte ekvipotencijala za niske vode, odnosno karte ekvipotencijala za visoke vode te je izrađen shematski profil A-B koji slikovito prikazuje amplitudu kolebanja piezometarske razine. Uz pretpostavku da se sezonske zalihe obnavljaju isključivo iz oborina izračunat je i udio oborina koji prihranjuje sezonske zalihe podzemnih voda promatranog područja.

2. Geografski položaj istraživanog područja

Vodno tijelo Istočna Slavonija u slivu Drave pruža se na krajnjem istoku Republike Hrvatske karakteriziranom prostranim ravnicama u kojima su se tijekom kvartara istaložile debele klastične naslage (Nakić i dr., 2016). Istraživani prostor obuhvaća slavonsko gorje koje se spušta od zapada prema istoku i ravnicu slavonske Podravine (Slika 2-1). Između nizinskog i planinsko brdskog područja izdvajaju se terase i zaravni blago valovitog reljefa s većim brežuljkastim područjem Banske planine u Baranji te gorjem Papuka i Krndije u jugozapadnom dijelu.

Vodno tijelo obuhvaća površinu od 5.011,2 km^2. Klima je umjereno topla, s toplim ljetima i hladnim zimama. Kiše su česte u proljeće i jesen, a u ljeto i ljetni pljuskovi, dok zimi dolazi do stvaranja snježnog pokrova. Prosječna godišnja količina oborina u razdoblju 2008.-2014. godine je 734,2 mm, a srednja godišnje temperatura zraka je 11,1^oC (Nakić i dr., 2016).



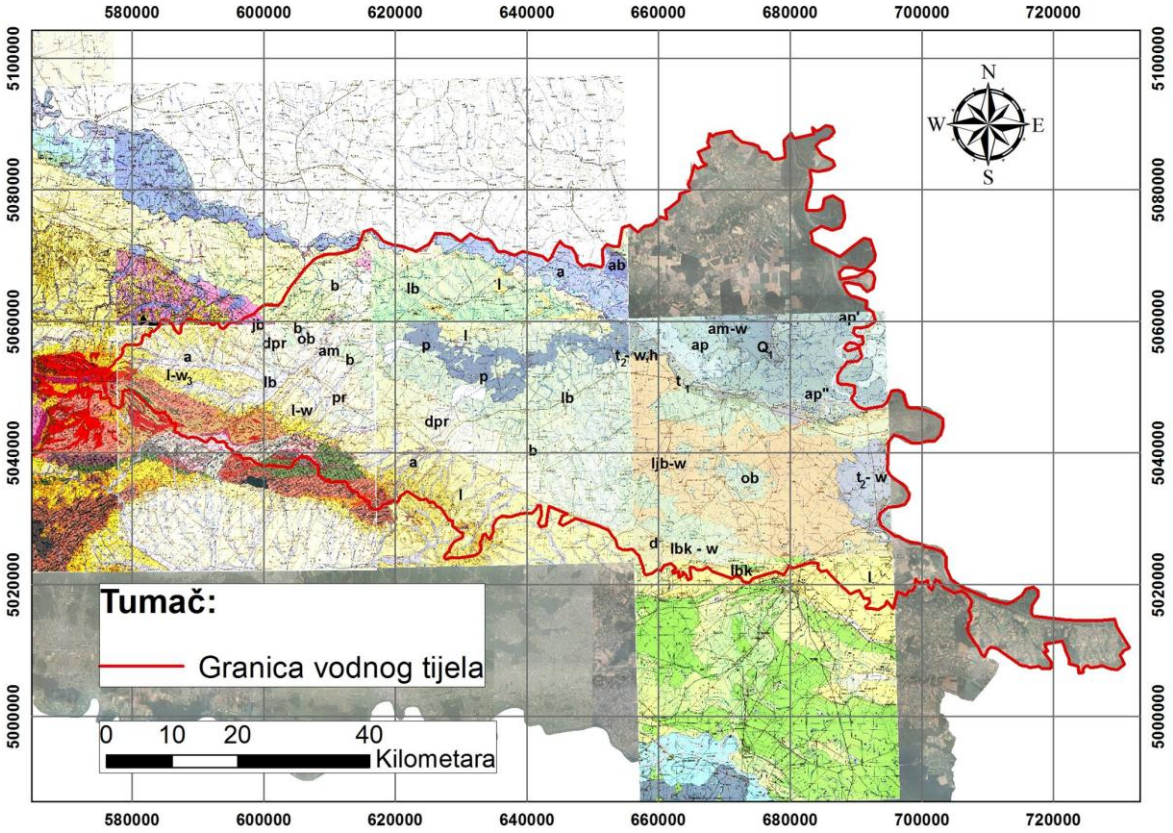
Slika 2-1. Granice istraživanog područja s naznačenim piezometrima

3. Geološke i hidrogeološke značajke istraživanog područja

Za prikaz geoloških odnosa područja istraživanja korištena je osnovna geološka karta M 1:100000, listovi Donji Miholjac (Hećimović, 1984), Našice (Korolija i Jamičić, 1989), Orahovica (Jamičić i dr., 1987), Osijek (Magaš, 1987), Podravska Slatina (Marković, 1985) te Vinkovci (Brkić i dr., 1989) sa pripadajućim tumačima Donji Miholjac (Hećimović, 1986), Našice (Korolija i Jamičić, 1989a), Orahovica (Jamičić i dr., 1987a), Osijek (Magaš, 1987a), Podravska Slatina (Marković, 1986) te Vinkovci (Brkić i dr., 1989a). Geološka karta istraživanog područja prikazana je na slici 3-1. Sjeveroistočni dio istraživanog područja nalazi se na OGK listu Mohač, koji još nije objavljen.

Šire područje istraživanja, izgrađeno je od naslaga velikog stratigrafskog raspona, od prekambrija do kvartara, no u hidrogeološkom smislu interesantne su samo naslage kvartarne starosti, tzv. kvartarni vodonosni kompleks do dubine 150 - 200 m (Slike 3-3 i 3-4). Stoga će se u daljnjem tekstu opisati samo kvartar.

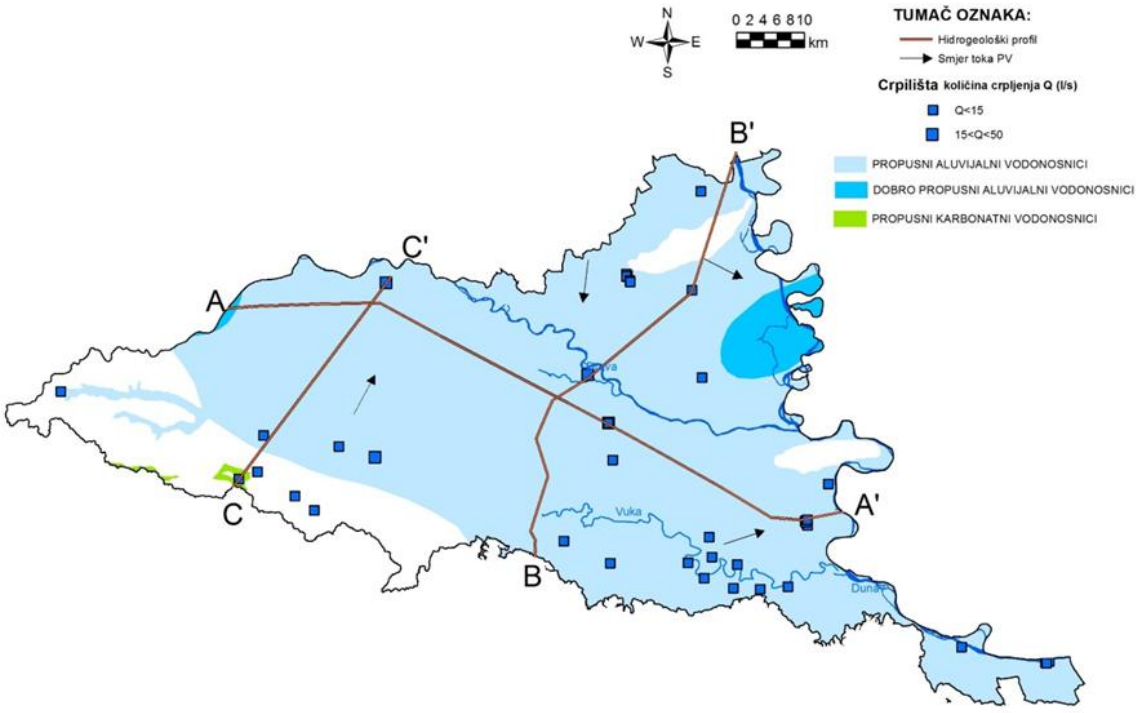
Tijekom srednjeg i gornjeg pleistocena područje je bilo prekriveno plitkim jezerima i močvarama, dok je okolno bosansko i slavonsko gorje u to doba bilo kopno podložno intenzivnom trošenju i eroziji (Bačani, 1997). Klimatske promjene, odnosno izmjene toplih i hladnih razdoblja, uvjetovale su transport materijala i taloženje. Za vrijeme toplijih razdoblja dolazi do porasta razine vode u močvarama i jezerima te se njihova površina širi i međusobno povezuje, a istovremeno, površinski tokovi prenose materijal. Tijekom hladnijih razdoblja tekućice se povlače u svoja korita te se taložni prostor oplićava, a dominantnu ulogu u transportu materijala preuzima vjetar. Klimatske prilike i tektonski pokreti rezultirali su velikom heterogenošću naslaga i u vertikalnom i u horizontalnom smjeru. U holocenu rijeka Drava formira svoj aluvij. Dolazi do odlaganja velike količine srednjezrnatog pijeska koji se sastoji uglavnom od kvarca i čestica stijena. Unutar aluvija formiraju se brojne terase gdje se odvija suvremena sedimentacija.



Slika 3-1. Geološka karta istraživanog područja (OGK Donji Miholjac, Hećimović, 1984; OGK Orahovica, Jamičić i Brkić, 1987; OGK Našice, Korolija i Jamičić, 1989; OGK Osijek, Magaš, 1987; OGK Podravska Slatina, Marković, 1985; OGK Vinkovci, Brkić i dr., 1989) s naznačenim piezometrima

Tumač oznaka kvartarnih jedinica: t_1 – terasa Drave; ap'' – povodanj III. naplavne sekvence; ap' – povodanj II. naplavne sekvence; ap – povodanj I. naplavne sekvence, naslage poplavnog područja; d – deluvij; pr – proluvij; dpr – deluvijalno – proluvijalni sedimenti; am – facijesi mrtvaja; ab – aluvijalno barske naslage; ob – organogeno – barski sedimenti; b – barski sedimenti; p – eolski pijesci, pijesci; a – aluvijalne naslage, aluvij recentnih tokova; t_2 – w,h – erozijska terasa Drave; 1jb – w – jezersko – barski les; t_2 – w – riječna paleoterasa; am – w – paleomrtvaja; Q_1 - pijesak, silt, glina i šljunak; 1bk – w, lbk – barsko – kopneni les; 1b – w, lb – barski les; 1 – w_3 – les; 1 – w, l – kopneni les; a – holocenske aluvijalne naslage

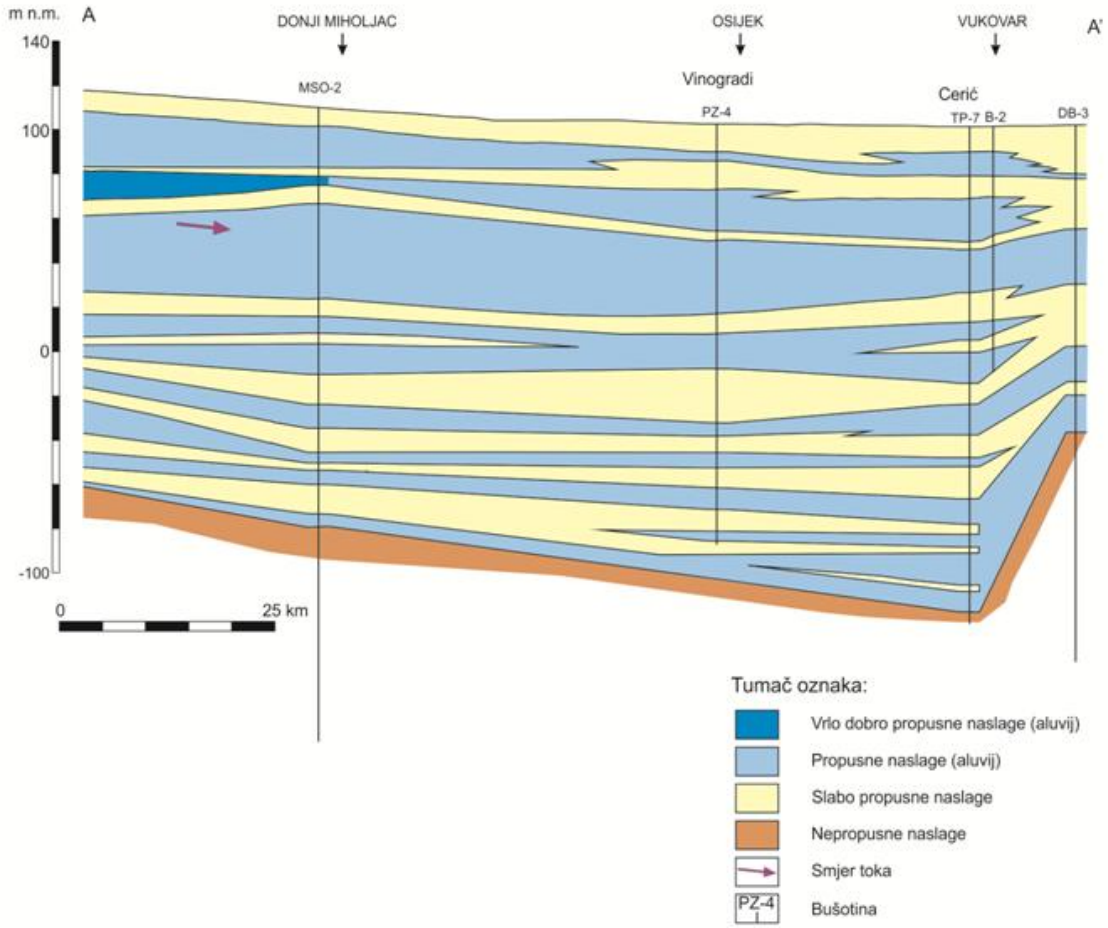
Na najvećem dijelu istraživanog područja geološka građa je vrlo jednolična. Litološki su zastupljeni uglavnom glina, prah i pijesak koji se miješaju u svim omjerima kako lateralno, tako i vertikalno. Ipak, i površinski ima sustavnih diferencijacija kako u morfološkom, tako i u litostratigrafskom smislu, što s dubinom raste. Smjerovi toka podzemne vode su različiti (Nakić i dr., 2016). Prostiranje glavnih hidrogeoloških značajki osnovnih vodonosnika prikazano je na Slici 3-2.



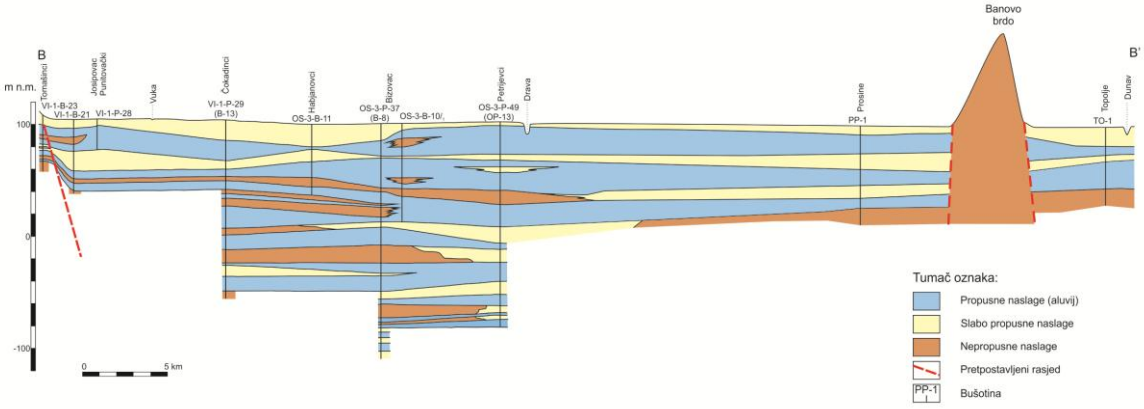
Slika 3-2. Prostiranje glavnih hidrogeoloških značajki osnovnih vodonosnika u grupiranom vodnom tijelu Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava (preuzeto iz Nakić i dr., 2016)

Na litološkom profilu naslaga uočavaju se dva kontrastna dijela u inače općoj izmjeni sitno i krupno klastičnih sedimenata. Granicu među njima označava uvjetni marker Q' (Urumović i dr., 1976, 1978). Gornji dio naslaga karakterizira nekonsolidiranost materijala, relativno visoki udjel propusnih gruboklastičnih slojeva i sadržaj slatkih voda koji se obično nazivaju kvartarni vodonosni kompleks ili kvartarni vodonosnik, a koji na ovom području ima debljinu oko 150 m (Slika 3-3 i 3-4). U najvećem dijelu vodonosnik je izgrađen od jednoličnog sitno do srednjozrnastog pijeska s tanjim i debljim proslojcima praha i gline. Ispod markera Q' je stupanj konsolidacije naslaga veći, udio propusnih krupnoklastičnih slojeva 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 (Duić, 2006).



Slika 3-3. Prvi uzdužni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava (preuzeto iz Nakić i dr., 2016)

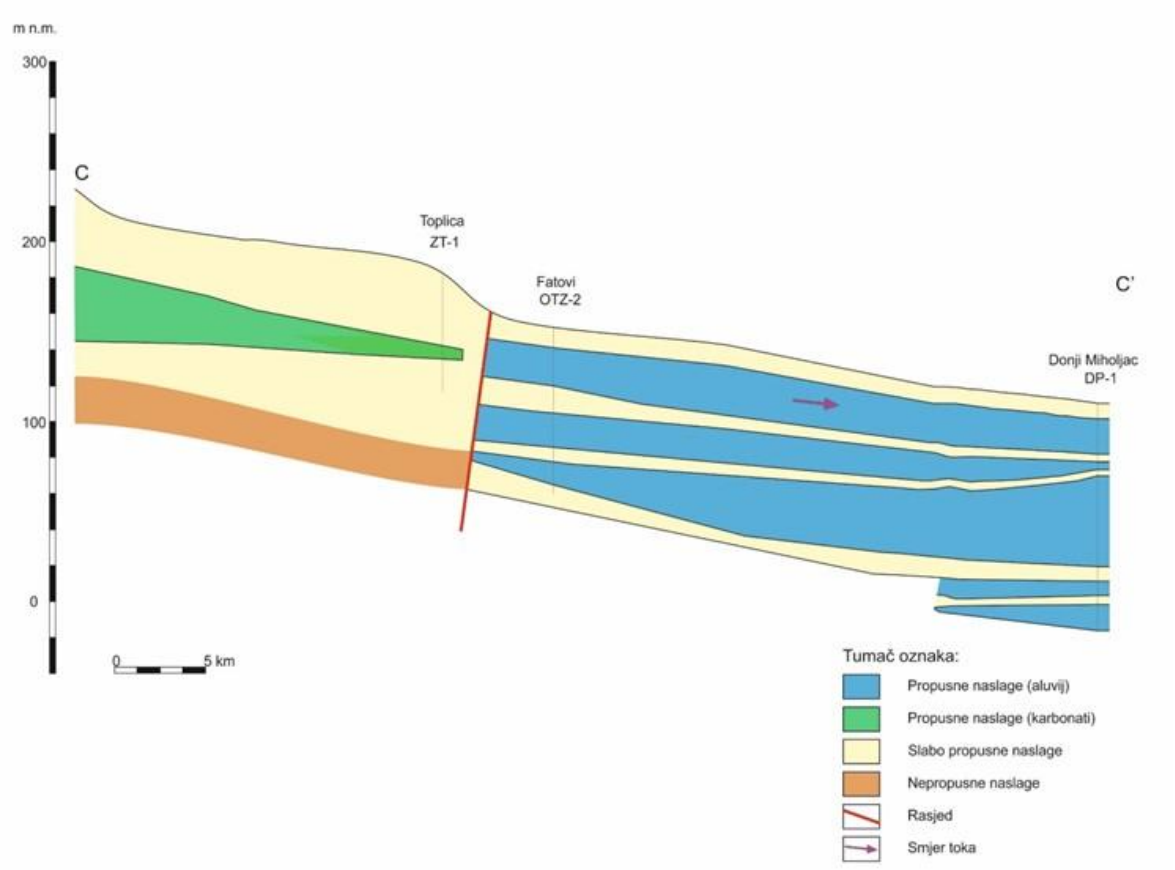


Slika 3-4. Drugi uzdužni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava (preuzeto iz Nakić i dr., 2016)

Krovinu kvartarnog vodonosnika čine slabopropusne naslage debljine uglavnom oko 10 do 25 m, koja se prema južnim dijelovima istraživanog područja smanjuje na 3 do 7 m (Nakić i dr., 2016). Sastav kvartarnih naslaga na površini je različit. U širem području Osijeka nalazimo kopnene i kopneno – močvarne prapore koji se nastavljaju od Erdutskoga ravnjaka i u širokom pojasu uzvodno prate asimetričnu dravsku terasu. U južnim predjelima pojavljuju se i močvarne gline, a u Baranji prevladavaju prah, gline i prašinasti pijesci.

Vodonosnik predstavljaju propusne naslage koje se izmjenjuju s glinovito – prašinastim slojevima. Propusne naslage izgrađene su uglavnom od jednoličnog pijeska čija granulacija varira, dok se ponegdje pojavljuju tanji slojevi i leće šljunka. Debljina vodonosnika iznosi od 30 do 50 m na području Baranje do oko 100 m u istočnom dijelu područja (Nakić i dr., 2016). Prema rubnim dijelovima vodonosnika, debljina mu se smanjuje.

Podina vodonosnika izgrađena je uglavnom od glinovitih i prašinastih slojeva, te lapora. Južna granica vodnog tijela obuhvaća sjeverne obronke Papuka te je njena građa puno složenija (Nakić i dr., 2016). U vodonosnom smislu to područje je također zanimljivo jer se u njemu pojavljuje nekoliko poznatijih izvora, najčešće vezanih za karbonatne naslage trijaske i miocenske starosti (Slika 3-5). U njima postoje uvjeti za koncentrirane tokove, no relativno je ograničeno protezanje ovih gorskih i prigorskih vodonosnika pa izdašnost izvora u sušnom razdoblju redovito opada na ispod desetak l/s (Nakić i dr., 2016).



Slika 3-5. Poprečni shematski hidrogeološki profil u grupiranom vodnom tijelu Istočna Slavonija – sliv Drave i Dunava (preuzeto iz Nakić i dr., 2016)

Vrijednosti hidrogeoloških parametara proučavani su u više navrata pomoću brojnih analitičkih i numeričkih metoda. Može se reći da kvartarni vodonosni kompleks karakteriziraju prosječne vrijednosti hidrauličke vodljivosti: K=10-30 m/dan (Nakić i dr., 2016).

Podzemne vode se uglavnom obnavljaju infiltracijom oborina kroz slabopropusnu krovinu. Za hidrografsku mrežu istočnog dijela Dravske potoline karakteristično je da drenira podzemne vode. Određeno procjeđivanje događa se za vrijeme visokih voda u inundacijskom području Drave i Dunava (Bačani, 1997).

4. Metode istraživanja i rezultati

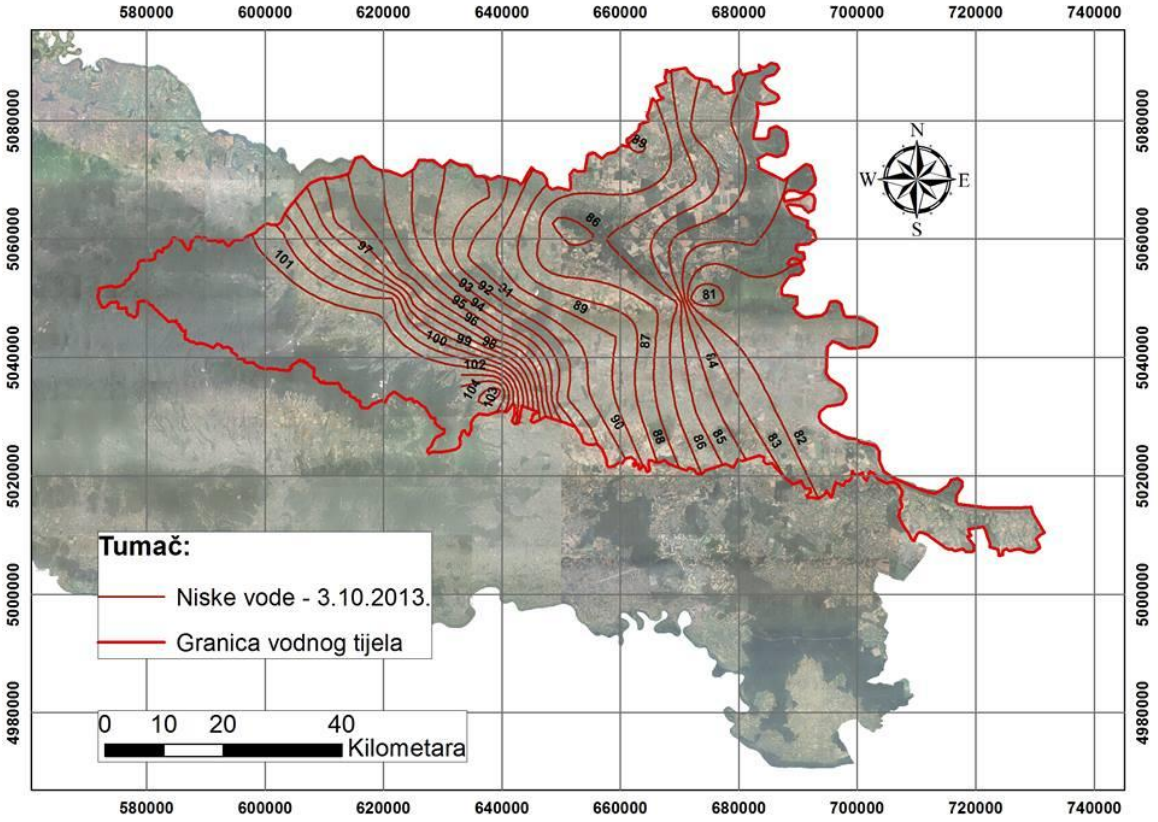
U ovom diplomskom radu obrađeni su podaci o razinama podzemne vode iz trideset piezometara koji su preuzeti iz projekta „Definiranje trendova i ocjena stanja podzemnih voda na području panonskog dijela Hrvatske“ koje je provodio Rudarsko-geološko-naftni fakultet u suradnji s Hrvatskim vodama. Također su korišteni podaci o oborinama sa dvije meteorološke postaje na istraživanom području. Za obradu podataka, prikaz područja istraživanja i rezultata istraživanja korišteni su alati Microsoft Excel, Surfer, ArcMap i AutoCAD.

Microsoft Excel korišten je za obradu podataka o piezometarskim razinama te odabir datuma minimalnih (niske vode), odnosno maksimalnih razina podzemne vode (visoke vode) i njihovih vrijednosti. Izračunate su vrijednosti amplitude kolebanja piezometarske razine i sezonske zalihe podzemne vode. Iz podataka o mjesečnim količinama oborina na istraživanom području, izračunata je ukupna količina oborina u promatranom razdoblju. Usporedbom sezonskih zaliha podzemne vode i ukupne količine oborina, određeno je koji postotak oborina sudjeluje u prihranjivanju podzemne vode. Pomoću programa Surfer izvršena je interpolacija podataka o piezometarskim razinama na odabrane datume te su na temelju unesenih koordinata piezometara i pripadajućih razina podzemne vode izrađene karte ekvipotencijala. U ArcMap su unesene sve topografske podloge područja istraživanja zajedno sa svim geoprostornim podacima i mjerenjima. Izrađene su karte ekvipotencijala na temelju ulaznih datoteka dobivenih u programu Surfer te ostale karte koje prikazuju situaciju na istraživanom području. AutoCAD je korišten za prikaz amplitude kolebanja piezometarske razine, pomoću shematskog profila koji je izrađen na temelju karata ekvipotencijala za niske i visoke vode te podataka o razinama podzemne vode u piezometrima koji se nalaze u blizini profila.

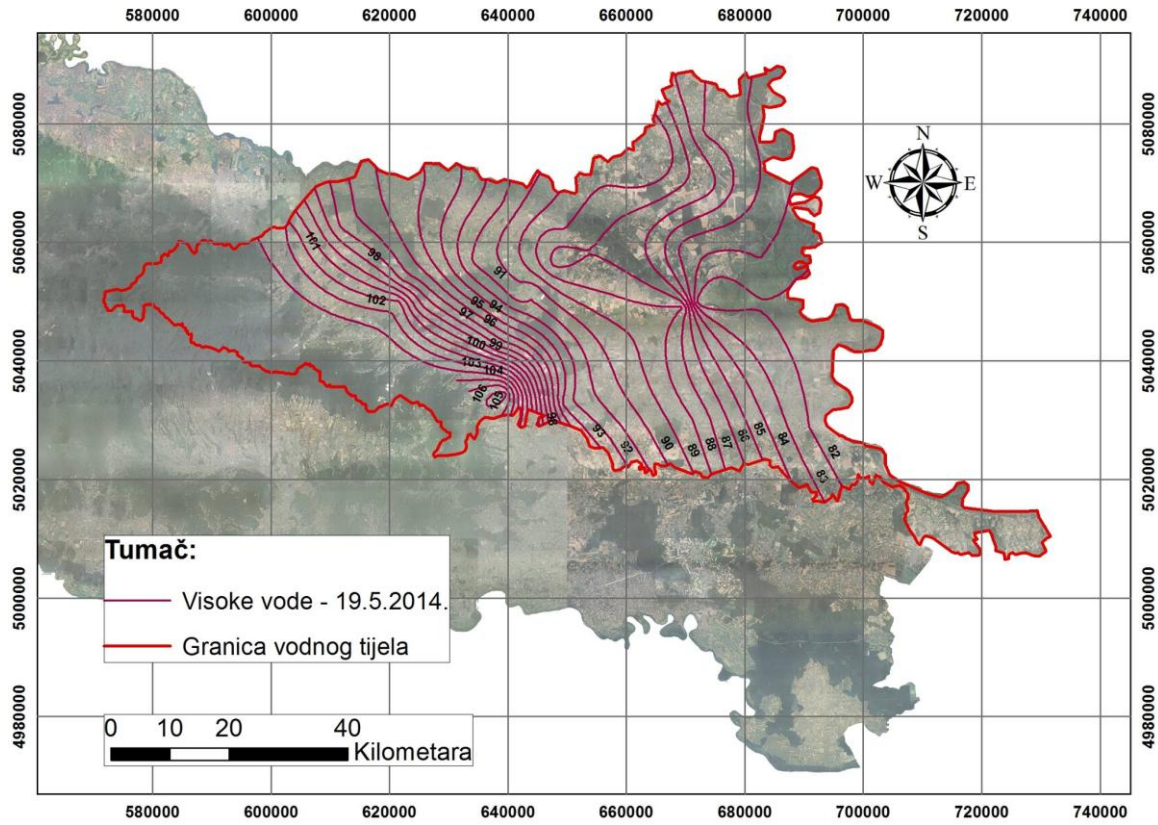
Podaci koji su korišteni za izradu karte ekvipotencijala za niske vode (Slika 4-1) te karte ekvipotencijala za visoke vode (Slika 4-2) prikazani su u Tablici 4-1. Pregledani su podaci o razinama za jednu hidrološku godinu, u razdoblju 1.10.2013. – 30.9.2014. Za promatrano razdoblje odabran je datum u kojem većina piezometara ima minimalne razine podzemne vode (niske vode - 3.10.2013.), odnosno datum u kojem većina piezometara ima maksimalne razine podzemne vode (visoke vode - 19.5.2014.).

Tablica 4-1. Podaci o piezometrima na području vodnog tijela Istočna Slavonija u slivu Drave

Oznaka piezometra	X (HTRS96)	Y (HTRS96)	Kota piezometra (m n. m.)	Niske vode 3.10.2013. (m n. m.)	Visoke vode 19.5.2014. (m n. m.)	Amplituda kolebanja piez. razine (m)
B-36	629286,15	5070398,97	99,6	92,14	93,74	1,60
B-43	642733,12	5051332,05	94,57	89,21	89,97	0,76
B-1	669619,64	5049113,18	91,22	86,38	88,09	1,71
LD-2	649020,73	5062673,36	94,28	85,74	88,24	2,50
DP-18	602670,36	5061098,54	103,92	100,13	101,98	1,85
B-3	656604,06	5068442,87	89,91	87,18	87,64	0,46
B-6	625105,45	5048861,87	100,74	96,92	98,44	1,52
B-9	647632,85	5060710,56	90,59	86,75	87,32	0,57
P-5	682499,06	5057093,86	85,06	82,91	83,01	0,10
P-8	672225,23	5050007,28	82,09	80,24	81,25	1,01
P-1	691760,19	5028405,18	88,31	81,25	81,81	0,56
P-6	671763,44	5030086,82	88,82	85,33	87,86	2,53
P-9	669797,72	5059174,42	88,93	83,50	83,60	0,10
P-10	673644,74	5069693,63	90,46	85,92	86,52	0,60
P-11	673104,04	5078625,95	90,06	84,44	84,90	0,46
P-12	669774,79	5085478,86	89,68	85,71	85,69	-0,02
P-14	649792,76	5032853,96	96,19	91,39	92,39	1,00
P-15	639261,86	5034492,46	111,09	104,60	106,59	1,99
P-16	659717,83	5043654,78	89,66	88,96	89,19	0,23
P-17	643438,01	5051621,33	93,18	88,95	91,26	2,31
P-18	638679,17	5042616,84	98,26	95,37	96,71	1,34
P-20	663722,95	5075508,52	91,39	89,27	90,12	0,85
P-23	622368,26	5054119,61	97,4	95,31	96,45	1,14
P-27	612314,90	5063046,62	98,12	95,78	96,57	0,79
P-28	614613,19	5072095,63	98,67	94,80	95,57	0,77
P-53	621252,28	5070290,41	100,45	93,82	94,52	0,70
P-55	621557,66	5049586,87	102,1	100,34	101,54	1,20
P-57	648056,77	5056553,72	92,02	86,31	86,61	0,30
P-58	638014,60	5067191,21	98,06	91,03	91,43	0,40
P-59	634193,12	5056768,62	93,46	89,98	90,88	0,90



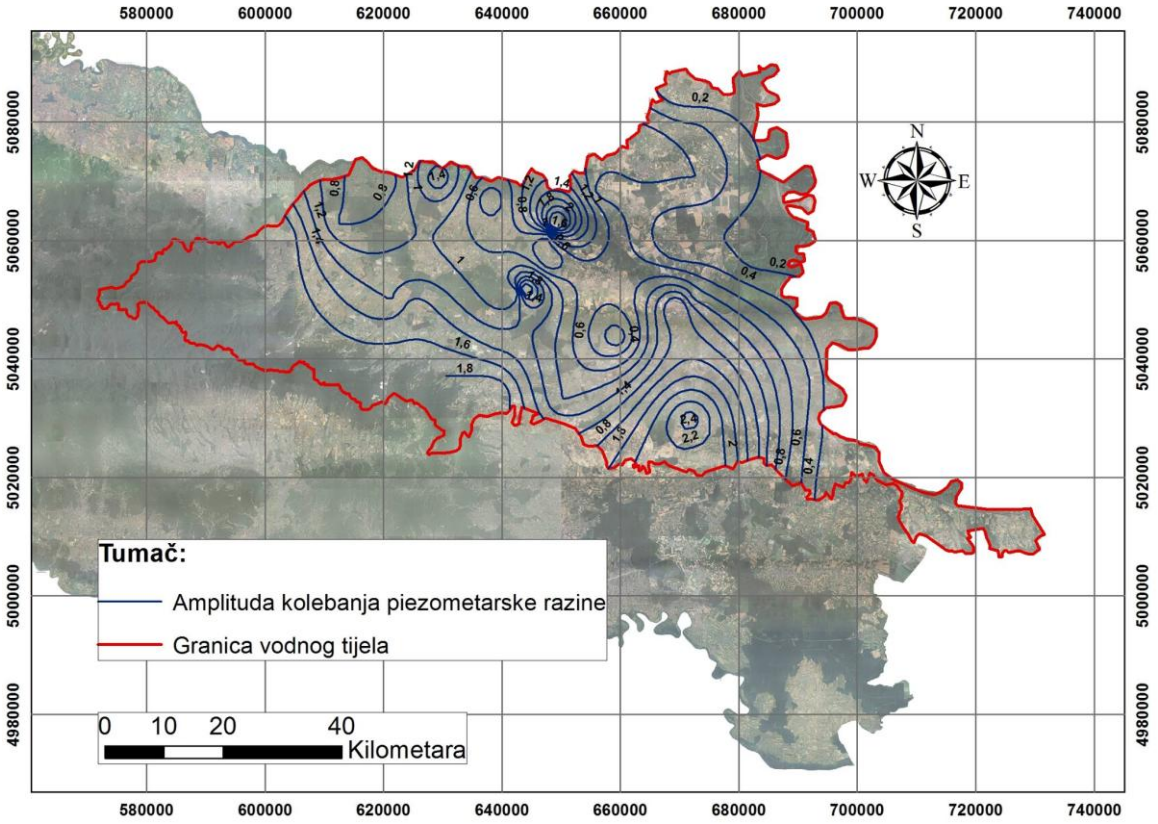
Slika 4-1. Karta ekvipotencijala za niske vode na datum 3.10.2013.



Slika 4-2. Karta ekvipotencijala za visoke vode na datum 19.5.2014.

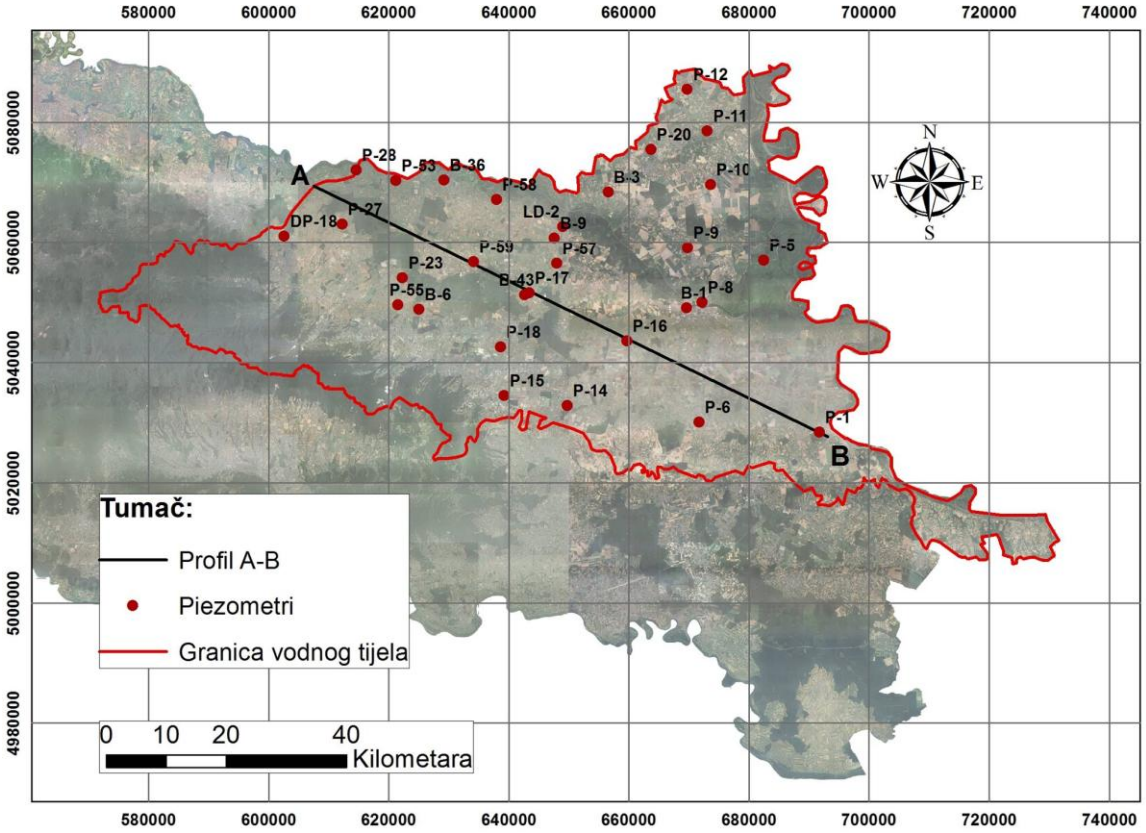
Kako se svi piezometri nalaze u dolinskom dijelu vodnog područja tako se i obrada podataka odnosi na aluvijalni vodonosnik što je vidljivo iz karata ekvipotencijala (Slika 4-1 i 4-2). Smjerovi toka podzemne vode su različiti, no generalni smjer toka podzemne vode je od zapada/jugozapada prema istoku/sjeveroistoku.

Oduzimanjem ekvipotencijala za niske i visoke vode na odabrane datume dobivena je karta amplitude kolebanja piezometarske razine (Slika 4-3).

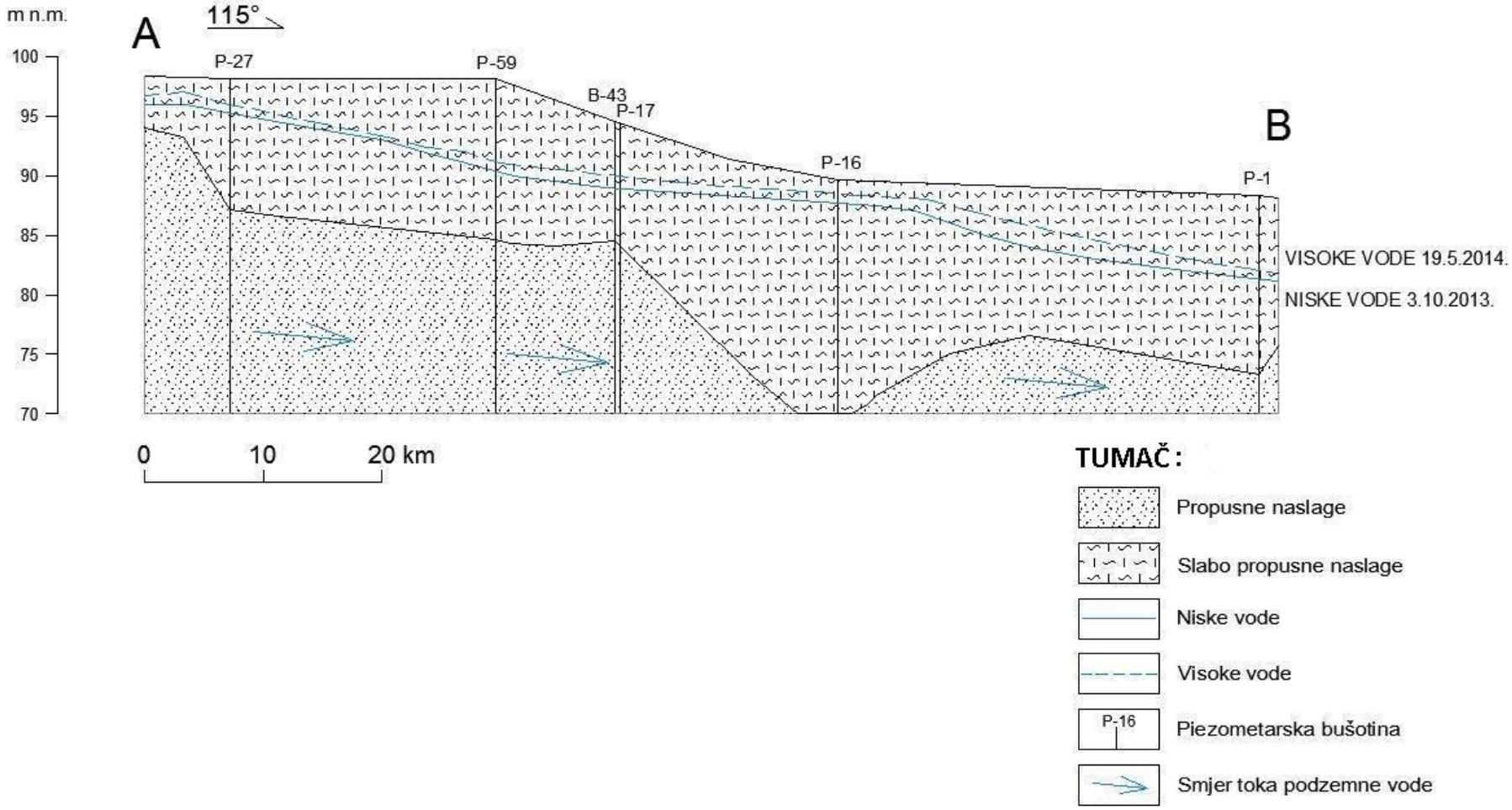


Slika 4-3. Karta amplitude kolebanja piezometarske razine

Na temelju karte ekvipotencijala za niske vode (Slika 4-1), odnosno karte ekvipotencijala za visoke vode (Slika 4-2) te podataka o piezometrima (Tablica 4-1), izrađen je shematski profil A-B. Cilj profila je slikovito prikazati amplitudu kolebanja piezometarske razine, stoga je litologija na profilu pojednostavljena, iako vodonosnik u stvarnosti nije jednolik, već ima mnogo leća i proslojaka slabopropusnog materijala. Prostorni položaj profila na karti prikazan je na Slici 4-4.



Slika 4-4. Prostorni položaj profila A-B



Slika 4-5. Shematski profil amplitude kolebanja piezometarske razine

4.1. Sezonske zalihe podzemnih voda

Sezonske zalihe predstavljaju količinu vode koja se nalazi u području kolebanja razine podzemne vode odnosno između maksimalnog i minimalnog vodostaja u promatranom razdoblju. Sezonske zalihe obnavljaju se infiltracijom oborina, procjeđivanjem iz vodotoka ili drugih površinskih voda te dotjecanjem vode kroz podzemlje iz drugih područja. Podzemne vode istočne Slavonije u slivu Drave se praktički isključivo prihranjuju infiltracijom oborina (Bačani, 1997).

Za izračunavanje sezonske zalihe podzemnih voda koristi se izraz:

$$V_{sez} = A \times \Delta h_{sr} \times n_{ef} \ (m^3/god)$$

gdje je:

V_{sez} – sezonske zalihe podzemnih voda (m^3/god)

A – površina istraživanog područja (m^2)

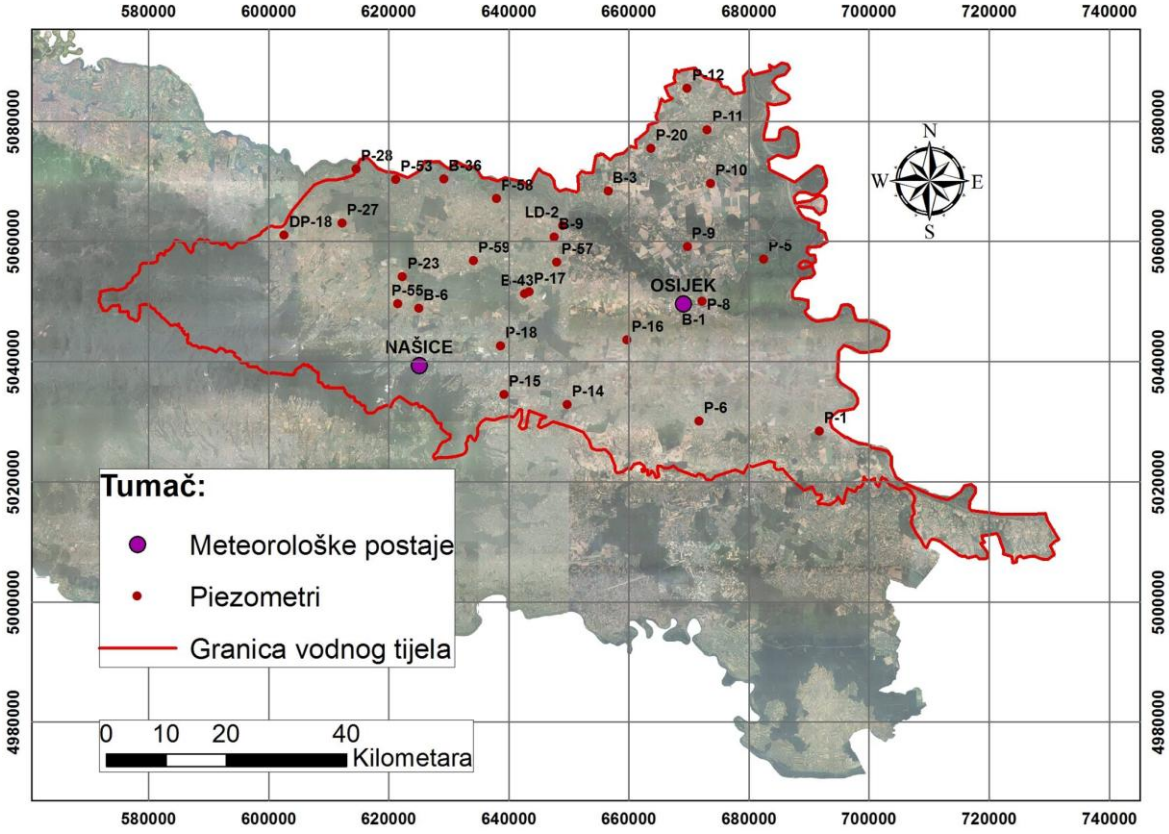
Δh_{sr} – srednja vrijednost amplitude kolebanja piezometarske razine (m)

n_{ef} – efektivna poroznost.

Srednja vrijednost amplitude kolebanja piezometarske razine izračunata je na temelju vrijednosti amplitude kolebanja piezometarske razine za pojedine piezometre (Tablica 4-1) te iznosi 1,01 m. Površina vodnog tijela iznosi 5011,2 km^2, ali je u proračun uzeta samo površina koja se odnosi na dolinski, aluvijalni vodonosnik, a iznosi 4197,8 km^2. Efektivna poroznost je preuzeta iz literature (Spitz i Moreno, 1996). Najveći dio propusnih naslaga na istraživanom području izgrađen je od sitno do srednjezrnatog pijeska s malim udjelom praha za koji je usvojena vrijednost efektivne poroznosti od 0,12. Uvrštavajući navedene vrijednosti u izraz za sezonske zalihe dobivena je vrijednost od $5{,}09 \times 10^8$ m^3 podzemne vode u promatranom razdoblju.

4.2. Oborine

Na području istraživanja nalaze se dvije meteorološke postaje, Našice i Osijek (Slika 4-6), na kojima Državni hidrometeorološki zavod (DHMZ) vrši mjerenje količine oborina. Visine oborina na meteorološkim postajama u promatranom razdoblju (1.10.2013. – 30.9.2014.), prikazane su u Tablici 4-2. Na postaji Našice ukupno je palo 942,5 mm, dok je na postaji Osijek palo 762,8 mm oborine. Prosjek visina oborina u promatranom razdoblju za obje postaje iznosi 852,65 mm, što ukupno daje $3,58 \times 10^9$ m^3 vode.



Slika 4-6. Meteorološke postaje na istraživanom području

Tablica 4-2. Podaci o oborinama s meteoroloških postaja Našice i Osijek

Mjesečna količina oborine (mm)	Meteorološke postaje	
	NAŠICE	OSIJEK
X	41,9	52,3
XI	101,7	63,8
XII	1,1	0,0
I	40,4	36,0
II	64,5	48,0
III	48,7	39,4
IV	98,2	81,3
V	159,7	161,4
VI	64,0	91,0
VII	79,3	66,4
VIII	134,7	54,3
IX	108,3	68,9
UKUPNO (mm)	942,5	762,8

Kako se podzemne vode istočne Slavonije u slivu Drave prihranjuju praktički isključivo infiltracijom oborina, određeno je koliki postotak oborina prihranjuje podzemne vode (Tablica 4-3). Sezonske zalihe podzemnih voda podijeljene su sa ukupnom količinom oborina u promatranom razdoblju te je izračunato da udio oborina koji prihranjuje sezonske zalihe podzemne vode istočne Slavonije u slivu Drave iznosi 14,21 %.

Tablica 4-3. Prikaz odnosa sezonske zalihe podzemnih voda i količine oborina

Sezonske zalihe podzemnih voda (m^3)	508773360
Ukupna količina oborina (m^3)	3579254170
Udio oborina koji obnavlja sezonske zalihe (%)	14,21

5. Zaključak

U okviru ovog diplomskog rada određene su sezonske zalihe podzemne vode za razdoblje od 1.10.2013. - 30.9.2014. (hidrološka godina 2013/2014) na području vodnog tijela Istočna Slavonija u slivu Drave te je izračunat udio oborina koji prihranjuje sezonske zalihe podzemne vode promatranog područja.

Za obradu podataka, prikaz područja istraživanja i rezultata istraživanja korišteni su alati Microsoft Excel, Surfer, ArcMap i AutoCAD. Obrađeni su podaci o razinama podzemne vode iz trideset piezometara te podaci o oborinama sa dvije meteorološke postaje na istraživanom području.

Na temelju podataka iz piezometara odabran je datum u kojem većina piezometra ima minimalne razine podzemne vode (niske vode - 3.10.2013.) i datum u kojem većina piezometara ima maksimalne razine podzemne vode (visoke vode - 19.5.2014.) te su izrađene karte ekvipotencijala. Oduzimanjem ekvipotencijala za visoke, odnosno za niske vode, dobivena je karta amplitude kolebanja piezometarske razine. Kako bi se slikovito prikazala amplituda kolebanja piezometarske razine, izrađen je shematski profil A-B.

Sezonske zalihe podzemne vode su izračunate množenjem površina koja se odnosi na dolinski, aluvijalni vodonosnik, sa srednjom vrijednosti amplitude kolebanja piezometarske razine i efektivnom poroznosti. Srednja vrijednost amplitude kolebanja piezometarske razine izračunata je na temelju vrijednosti amplitude kolebanja piezometarske razine za pojedine piezometre te iznosi 1,01 m. Površina vodnog tijela iznosi 5011,2 km^2, ali je u proračun uzeta samo površina koja se odnosi na dolinski, aluvijalni vodonosnik, a iznosi 4197,8 km^2. Najveći dio propusnih naslaga na istraživanom području izgrađen je od sitno do srednjezrnatog pijeska za koji je iz literature usvojena vrijednost efektivne poroznosti od 0,12 (Spitz i Moreno, 1996). Uvrštavajući navedene vrijednosti u izraz za sezonske zalihe dobivena je vrijednost od $5{,}09 \times 10^8$ m^3 podzemne vode u promatranom razdoblju.

Podaci o oborinama dobiveni su iz meteoroloških postaja, Našice i Osijek. Na postaji Našice ukupno je palo 942,5 mm, dok je na postaji Osijek palo 762,8 mm oborine. Prosjek visina oborina u promatranom razdoblju za obje postaje iznosi 852,65 mm, što znači da je na istraživanom području ukupno palo $3{,}58 \times 10^9$ m^3 oborinske vode.

Kako se podzemne vode istočne Slavonije u slivu Drave prihranjuju praktički isključivo infiltracijom oborina, određeno je koliki postotak oborina prihranjuje podzemne vode. Sezonske zalihe podzemnih voda podijeljene su sa ukupnom količinom oborina u promatranom razdoblju te je izračunato da udio oborina koji obnavlja sezonske zalihe podzemne vode istočne Slavonije u slivu Drave iznosi 14,21 %.

6. Literatura

Bačani, A., 1997. *Značajke hidrauličkih granica vodonosnih slojeva na vododjelnici Savskog i Dravskog porječja u istočnoj Slavoniji*. Doktorska disertacija, Rudarsko – geološko – naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Brkić, M., Galović I., Buzaljko R., 1989. *Osnovna geološka karta 1:100 000, list Vinkovci L 34–98*. Geološki zavod Zagreb, Geoinženjering Sarajevo 1979 – 1985. Savezni geološki zavod, Beograd.

Brkić, M., Galović I., Buzaljko R., 1989a. *Osnovna geološka karta 1:100 000, Tumač za list Vinkovci L 34–98*. Geološki zavod Zagreb 1987., "Geoinženjering" OOUR Institut za geologiju Sarajevo 1979. Savezni geološki zavod, Beograd.

Duić, Ž., 2006. *Obnovljivost zaliha podzemnih voda heterogenog vodonosnog kompleksa na primjeru osječkog crpilišta Vinogradi*. Doktorska disertacija, Rudarsko – geološko – naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Hećimović, I., 1984. *Osnovna geološka karta 1:100 000, list Donji Miholjac L 34–73.* Geološki zavod Zagreb, 1981-1987. Savezni geološki zavod, Beograd.

Hećimović, I., 1986. *Osnovna geološka karta 1:100 000, Tumač za list Donji Miholjac L 34–73.* Geološki zavod Zagreb, 1984. Savezni geološki zavod, Beograd.

Jamičić, D., Brkić, M., 1987. *Osnovna geološka karta 1:100 000, list Orahovica L 33–96.* Geološki zavod Zagreb, OOUR za geologiju i paleontologiju, 1971-1986. Savezni geološki zavod, Beograd.

Jamičić, D., Brkić, M., Crnko, J., Vragović, M., 1987a. *Osnovna geološka karta 1:100 000, Tumač za list Orahovica L 33–96.* Geološki zavod Zagreb, 1986. Savezni geološki zavod, Beograd.

Korolija, B., Jamičić, D., 1989. *Osnovna geološka karta 1:100 000, list Našice L 34–85.* Geološki zavod Zagreb, OOUR za geologiju, 1988. Savezni geološki zavod, Beograd.

Korolija, B., Jamičić, D., 1989a. *Osnovna geološka karta 1:100 000, Tumač za list Našice L 34–85.* Geološki zavod Zagreb, 1988. Savezni geološki zavod, Beograd.

Magaš, N., 1987. *Osnovna geološka karta 1:100 000, list Osijek L 34–86.* Geološki zavod Zagreb, 1981-1987. Savezni geološki zavod, Beograd.

Magaš, N., 1987a. *Osnovna geološka karta 1:100 000, Tumač za list Osijek L 34–86.* Geološki zavod Zagreb, 1986. Savezni geološki zavod, Beograd.

Marković, S., 1985. *Osnovna geološka karta 1:100 000, list Podravska Slatina L 33–84.* Geološki zavod Zagreb, 1981-1984. Savezni geološki zavod, Beograd.

Marković, S., 1986. *Osnovna geološka karta 1:100 000, Tumač za list Podravska Slatina L 33–84.* Geološki zavod Zagreb, 1984. Savezni geološki zavod, Beograd.

Nakić, Z., Bačani, A., Parlov, J., Duić, Ž., Perković, D., Kovač, Z., Tumara, D., Mijatović, I., Špoljarić, D., Ugrina, I., Stanek, D., Slavinić, P., 2016. *Studija „Definiranje trendova i ocjena stanja podzemnih voda na području panonskog dijela Hrvatske“*. Rudarsko – geološko – naftni fakultet Sveučilišta u Zagrebu.

Spitz, K., Moreno, J., 1996. *A Practical Guide to Groundwater and Solute Transport Modeling*. John Wiley and Sons, New York, 480 str.

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.

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