

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU
RUDARSKO GEOLOŠKO NAFTNI FAKULTET
Diplomski studij geološkog inženjerstva

HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE PARKA PRIRODE BLIDINJE

Diplomski rad

Mara Slišković

GI 269

Zagreb, 2017.

Zahvale...

Iskreno se zahvaljujem svojoj mentorici prof. dr. sc. Andrei Bačani na savjetima, pomoći i vedrom duhu tijekom izrade ovog diplomskog rada.

Zahvaljujem se članovima komisije doc. dr.sc. Jeleni Parlov i doc. dr.sc. Dariu Perkoviću koji su svojim stručnim savjetima i kritikama upotpunili kvalitetu ovoga rada.

Zahvaljujem se dr. sc. Zoranu Kovaču na pomoći tijekom cijelog rada.

Na savjetima oko izbora teme i pomoći tijekom i nakon terenskog rada zahvaljujem dr.sc. Ivanu Sliškoviću.

Hvala svima koji su uljepšali moje studiranje, svim prijateljima koji su imali mogućnost izbora i cijeloj obitelji koja tu mogućnost nije imala, a posebno divnoj ženi „strini“ Mirjani Miličević.

Najveću zahvalnost iskazujem mojoj obitelji Ivanu, Luciji, osobito majci Mirjani, na bezuvjetnoj ljubavi i podršci tijekom cijelog studiranja i mom ocu Peri koji je Blidinje toliko volio...

Hidrogeološke značajke Parka prirode Blidinje

Mara Slišković

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

Sažetak

Područje istraživanja ovog rada je Park prirode Blidinje, Bosna i Hercegovina. Cilj rada je dati uvid u osnovne hidrogeološke značajke terena te izdvojiti hidrogeološki zanimljiva područja pogodna za budući zahvat vode. Terenska istraživanja provedena su od lipnja do rujna 2017. godine. U programu ArcGIS Desktop 10.1. izrađena je hidrogeološka karta Parka prirode Blidinje i odabrane su lokacije na kojima su izrađeni hidrogeološki profili. Na karti su hidrogeološke jedinice izdvojene na temelju njihove litološke građe, tipa i položaja u sklopu terena kojim je određena i njihova hidrogeološka funkcija: dobropropusno, propusno, promjenjivo propusno i nepropusno. Profili su izrađeni u programu AutoCAD 2016 na dvije odabrane lokacije kod jezera Blidinje i u polju Brčanj. Na profilima su prikazane litološke naslage s hidrogeološkom funkcijom te je vidljivo postojanje propusnih slojeva iz kojih bi bio moguć zahvat vode uz odgovarajuću zaštitu površinskih i podzemnih voda.

Ključne riječi: Park prirode, Blidinje, vodoopskrba, hidrogeološka karta, hidrogeološki profil, ArcGIS, autoCAD.

Diplomski rad sadrži: 39 stranica, 2 tablice, 25 slika, 1 prilog i 30 referenci.

Jezik izvornika: hrvatski

Diplomski rad pohranjen: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta
Pierottijeva 6, Zagreb

Voditelj: Prof. dr. sc. Andrea Bačani, RGNF

Pomoć pri izradi: Dr. sc. Zoran Kovač, RGNF

Ocjenjivači: Prof. dr.sc. Andrea Bačani, RGNF

Doc. dr. sc. Jelena Parlov, RGNF

Doc. dr. sc. Dario Perković, RGNF

Datum obrane: 19. prosinca 2017.

Hydrogeological characteristics of Blidinje Nature park

Mara Slišković

Thesis completed at: University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering
Department of Geology and Geological Engineering
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

The topic of the research is Blidinje Nature Park, Bosnia and Herzegovina. The aim of the study is to provide an insight into the basic hydrogeological characteristics of the terrain and to identify interesting hydrogeological areas suitable for the future withdrawal of the water. Field research has been carried out from June to September 2017. As a result in ArcGIS Desktop 10. 1, the hydrogeological map of Blidinje Nature Park was created and hydrogeological profiles were selected. On the map, the hydrogeological units are separated on the basis of their lithological structures, type and position within the terrain, which also determines their hydrogeological function: well-permeable, permeable, variably permeable and impermeable. The profiles were created in AutoCAD 2016 in two selected locations: near the Blidinje lake and the Brčanj field. The profiles show the lithological deposits with hydrogeological function and the visible existence of the permeable layers from which water could be captured with adequate protection of surface and groundwater.

Keywords: Nature park, Blidinje, water supply, hydrogeological map, hydrogeological profile, ArcGIS, AutoCAD.

Thesis contains: 39 pages, 2 tables, 25 figures, 1 enclosure and 30 references.

Original in Croatian

Thesis archived at: The Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering,
Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisor: Full Professor Andrea Bačani, PhD

Technical support and assistance: Research assistant Zoran Kovač, PhD

Reviewers: Full Professor Andra Bačani, PhD
Assistant Professor Jelena Parlov, PhD
Assistant Professor Dario Perković, PhD

Date of Thesis defence: 12 December 2017

Sadržaj

1. UVOD.....	1
2. OPIS ISTRAŽIVANOG PODRUČJA	2
2.1. Geografske značajke	2
2.2. Klimatske značajke	3
3. GEOLOŠKE ZNAČAJKE ŠIREG PODRUČJA	7
3.1. Mezozoik	7
3.2. Kenozoik	8
3.3. Strukturno – tektonske značajke šireg područja	10
4. HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE.....	13
5. METODE ISTRAŽIVANJA	19
5.1. Terenske metode	19
5.2. Kabinetske metode	20
6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA.....	21
6.1. Hidrogeološka karta.....	21
6.2. Jezero Blidinje	22
6.4. Brčanj.....	27
6.5. Hidrogeokemijske značajke	29
6.6. Zaštita Parka prirode Blidinje	32
7. ZAKLJUČAK.....	34
8. LITERATURA	36

Popis slika

Slika 2.1. Prostorni položaj Parka prirode Blidinje (izvor: Google maps).....	3
Slika 2.2. Prostorni položaj mjerne postaje Blidinje	4
Slika 2.3. Prosječne godišnje temperature zraka na mjernoj postaji Blidinje	5
Slika 2.4. Prosječne godišnje količine oborina na mjernoj postaji Blidinje za razdoblje od 2008. do 2016. godine	5
Slika 2.5. Prosječna mjesečna količina oborina za razdoblje od 2008. do 2016. godine	6
Slika 3.1. Isječak iz Osnovne geološke karte SFRJ 1:100 000, listovi: Mostar (Mojičević i Laušević, 1973), Prozor (Sofilj i dr., 1971), Livno (Papeš, 1967), Imotski (Raić i dr., 1968)	9
Slika 3.2. Tumač oznaka prikazanih na slici 3.1.(OGK 1:100 000).....	10
Slika 3.3. Strukturne jedinice šireg područja Parka prirode Blidinje (prema Buljan i dr., 2005).....	12
Slika 4.1. Panoramski pogled na jezero Blidinje.....	14
Slika 4.2. Pogled na vrtaču u polju Brčanj	14
Slika 4.3. Hidrogeološka karta Parka prirode Blidinje, s dokazanim podzemnim vezama (Slišković i dr., 2005)	17
Slika 4.4. Shematski profil	18
Slika 5.1. HI98121 pH/ORP/Temperature Combo Tester (Hanna Instruments, 2017).....	19
Slika 6.1. Prognozni litološki profil terena (Izvedbeni projekat zaštite Blidinje jezera, 1990)	23
Slika 6.2. Prostorni položaj profila A-B i C-D	24
Slika 6.3. Hidrogeološki profil A-B	25
Slika 6.4. Hidrogeološki profil C-D	26
Slika 6.5. Prostorni položaj profila E-F	27
Slika 6.6. Hidrogeološki profil E-F	28
Slika 6.7. Izvor Grkuš gornji	29
Slika 6.8. Izvor Grkuš donji	30

Slika 6.9. Vodotok Brčanj drenira kroz polje (lijevo), „in situ“ mjerenje temperature, Ph, Eh vrijednosti (sredina), ponor (desno).....	30
Slika 6.10. Izvor Jasle (lijevo) „in situ“ mjerenje temperature, Eh i pH vrijednosti na izvoru (desno)	31
Slika 6.12. Iskapanje šljunka u polju Brčanj	33
Slika 6.13. Iskapanje šljunka u blizini jezera Blidinje	33

Popis tablica

Tablica 2.1. Prosječna mjesečna količina oborina na mjernoj postaji Blidinje za razdoblje od 2008. do 2016. godine.	6
Tablica 6.1. Izmjerene vrijednosti temperature, Eh i pH.....	31

Popis priloga

Prilog 1. Hidrogeološka karta Parka prirode Blidinje

1. UVOD

Park prirode Blidinje osnovan 30. travnja 1995. godine. Nalazi se u središnjem dijelu Bosne i Hercegovine i pripada području srednjih Dinarida. U geološko – morfološkom smislu to je područje visokog krša izgrađeno od stijena pretežno mezozojske starosti. Površinom od oko 360 km² obuhvaća gorski masiv Čvrsnice, Vran planine, dolinu Dugo polje s jezerom Blidinje u njenom južnom dijelu, te krajnje, zapadne dijelove hrpta Čabulje. Omeđen je sa sjevera, istoka i juga dubokim kanjonima, sa sjevera kanjonom rijeke Doljanke, s istoka kanjonom rijeke Neretve, s juga kanjonom rijeke Drežanke te sa zapada Vran planinom.

Zbog zanimljivog geografskog položaja, geomorfološke i hidrološke rijetkosti te jedinstvene povijesne baštine, Park prirode Blidinje vremenom postaje zanimljivo turističko odredište, a sukladno tome javlja se potreba za pitkom vodom.

Cilj ovog diplomskog rada je dati uvid u osnovne hidrogeološke značajke terena te izdvojiti hidrogeološki zanimljiva područja pogodna za budući zahvat vode. U tu svrhu provedena su terenska istraživanja. Nakon i za vrijeme terenskog istraživanja provedena je analiza svih dostupnih ranijih istraživanja na području Parka i okolice. U radu su prikazane geografske značajke terena te su analizirani geološki i hidrogeološki odnosi koji su uz terenski rad omogućili izradu hidrogeološke karte i profila na odabranim lokacijama.

2. OPIS ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

2.1. Geografske značajke

Park prirode Blidinje smješten je u sjevernoj Hercegovini, između 17°24' 17°46' istočne dužine te 43°31' i 43°43' sjeverne širine. Površinom od oko 360 km² obuhvaća gorski masiv Čvrsnice, Vran planine, dolinu Dugo polje s jezerom Blidinje u njenom južnom dijelu te krajnje, zapadne dijelove hrpta Čabulje (slika 2.1.). Gorski masivi koji čine Park prirode sastavni su dio Dinarskog gorja, omeđeni kanjonom rijeke Doljanke na sjeveru, kanjonom rijeke Neretve na istoku, kanjonom rijeke Drežanke na jugu te Vran planinom na zapadu. Pružanje Parka u velikoj mjeri određeno je mlađom rasjednom dolinom Dugo polje koja ima pravac pružanja SI – JZ, okomito na dinarski smjer pružanja

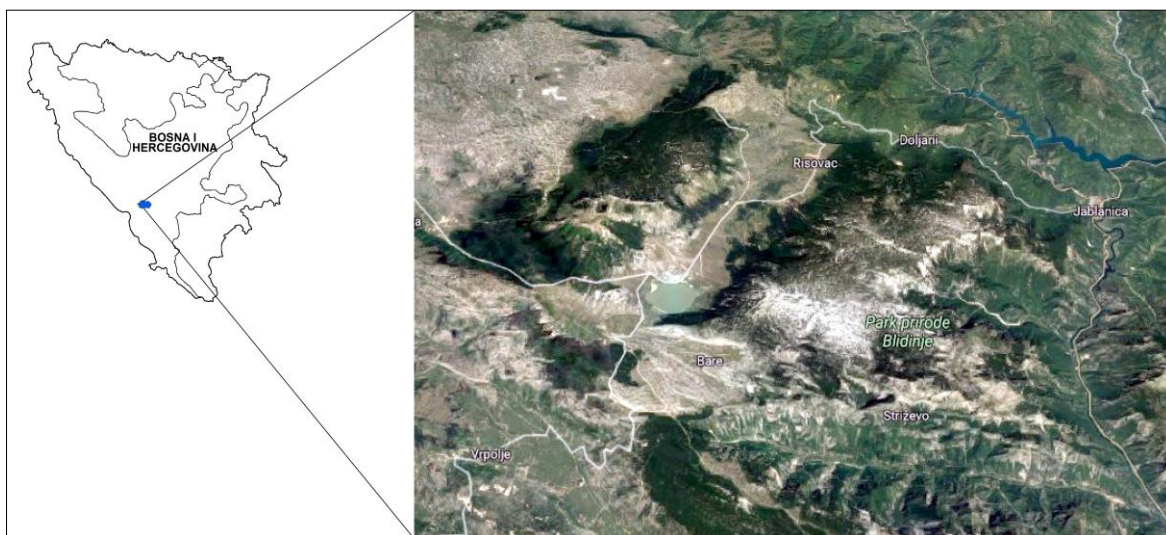
Na području Parka prirode Blidinje u geomorfološkom pogledu mogu se izdvojiti tri dominantne regije: planinski masivi Čvrsnice (2228 m) i Vran planine (2074 m) te udolina Dugog polja. Istraživano područje je visoki gorski prostor (1100 m n.m. do iznad 2200 m n.m.) s velikim promjenama nadmorskih visina.

Planinski masiv Čvrsnice pruža se između kanjona Neretve na istoku, Dugog polja na zapadu, sjeverozapadnog kanjona Doljanke na sjeveru i kanjona Drežanke na jugu. Masiv se sastoji od niza visoravni, hrptova i karbonatnih masiva koji su disecirani dubokim nekadašnjim glacijalnim dolinama usmjerenim prema zapadu, jugozapadu, sjeverozapadu, sjeveroistoku i jugoistoku. Na sjeveru su visoravni Muharnice i Plase, južnije Mala Čvrsnica, a između njih su hrptovi Vilineca i Velike Čvrsnice. Sama Velika Čvrsnica sastoji se od dva usporedna hrpta pravca sjeverozapad – jugoistok s najvišim vrhom Pločno (2228 m). Pored Pločna oblikovano je još pet vrhova preko 2000 m: Draga Kosa (2217 m), Jelinak (2170 m), Ploča (2040 m), Kapci (2156 m) i Veliki Vilinac (2113 m) (Bognar i Šimunović, 2005).

Na planinski masiv Čvrsnice nastavlja se udolina Dugo polje genetski nastala duž poprečnih rasjeda pružanja sjeveroistok – jugozapad koji su okomiti na inače dinarski smjer pružanja struktura. Udolina se nalazi na 1180 do 1300 m n.m. U jugozapadnom dijelu udoline između Čvrsnice i Vran planine prostire se stalno jezero Blidinje, promjenjive površine 2,5 km² do 6 km². Na nastajanje jezera, osim prirodnih čimbenika, utjecala je devastacija šumskog pokrova i antropogeno zatrpavanje ponora. Vran planina predstavlja

planinski masiv visine preko 2000 m, s najvišim vrhovima Veliki Vran 2074 m i Mali Vran 2020 m (Bognar i Šimunović, 2005).

Područje Parka administrativno pripada prostoru triju županija: Hercegovačko-neretvanske, Zapadno-hercegovačke i Herceg-bosanske. Na područje Hercegovačko-neretvanske županije ulazi površina Parka prirode od 165 km² koja je podijeljena između Općina Prozor-Rama (7 km²) i Jablanica (68 km²) te Grada Mostara (90 km²). Preostala površina Parka podijeljena je između Zapadno-hercegovačke županije i Općine Posušje, površine 90 km² i Herceg-bosanske županije s Općinom Tomislavgrad, površine 103 km² (Plan upravljanja za Park prirode Blidinje, 2011).



Slika 2.1. Prostorni položaj Parka prirode Blidinje (izvor: Google maps)

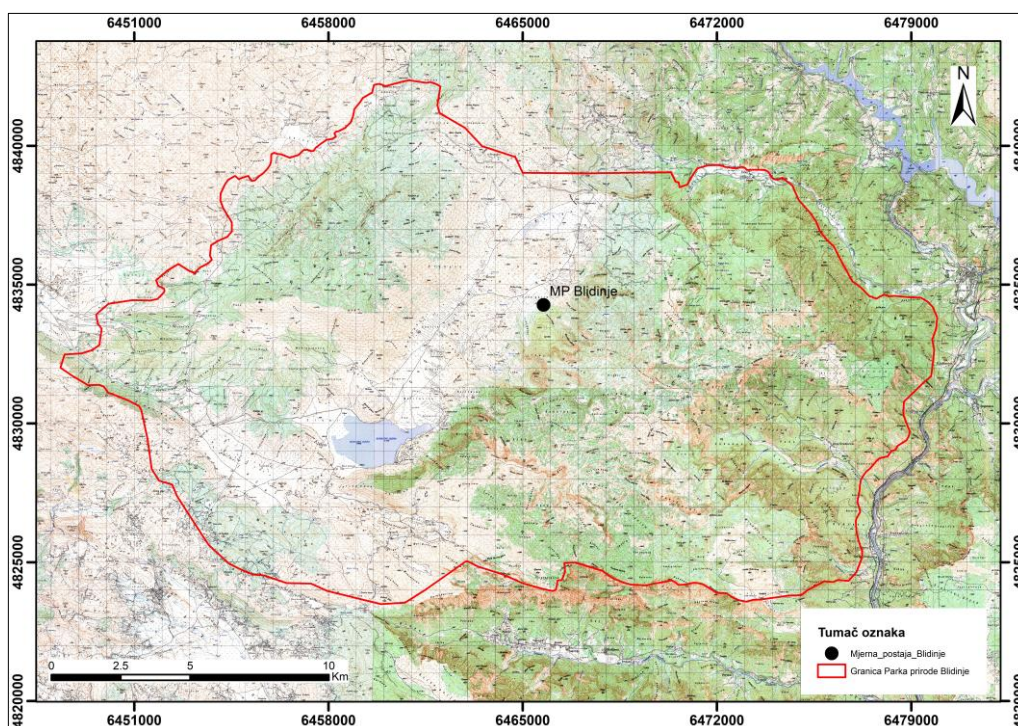
2.2. Klimatske značajke

Reljef na području Parka prirode Blidinje je vrlo razveden. Na relativno malom prostoru nalaze se značajne razlike u nadmorskoj visini, koja varira od 112 m n.m. na ušću Drežnice do 2228 m (Pločno) na Čvrsnici i 2074 m (Veliki Vran) na Vran planini (Soldo, 2005).

Park prirode Blidinje pripada srednjim Dinaridima, dinarski masiv po svom tektonski uzdignutom položaju u odnosu na područje Jadranskog mora ima funkciju klimatske barijere u odnosu na ciklonalne pojave iz sjeverozapadnog smjera (Slišković i dr., 2015).

Obzirom na visinske razlike izmjenjuju se dva tipa klime. Niži dijelovi Čvrsnice i Vrana imaju mediteransku klimu koja dolinom Neretve i desnim pritokama prodire dublje u unutrašnjost prema Jablanici. Sjeverne padine planina, viši nadmorski dijelovi pod utjecajem su kontinentalne i planinske klime. Porastom nadmorske visine dolazi do pada temperatura i dužeg zadržavanja snježnog pokrivača. Zime su duge i hladne s puno oborina, dominantno snijega koji se zadržava od listopada do čak i svibnja. Ljeta su kratka i svježja.

Prema podacima o temperaturi zraka i oborinama na mjernoj postaji Blidinje (slika 2.2.) Agencije za vodno područje Jadranskog sliva za razdoblje od devet godina, od 2008. do 2016. godine u računalnom programu MS Excel izračunate su prosječne vrijednosti temperatura zraka i oborina u ljetnim i zimskim mjesecima.

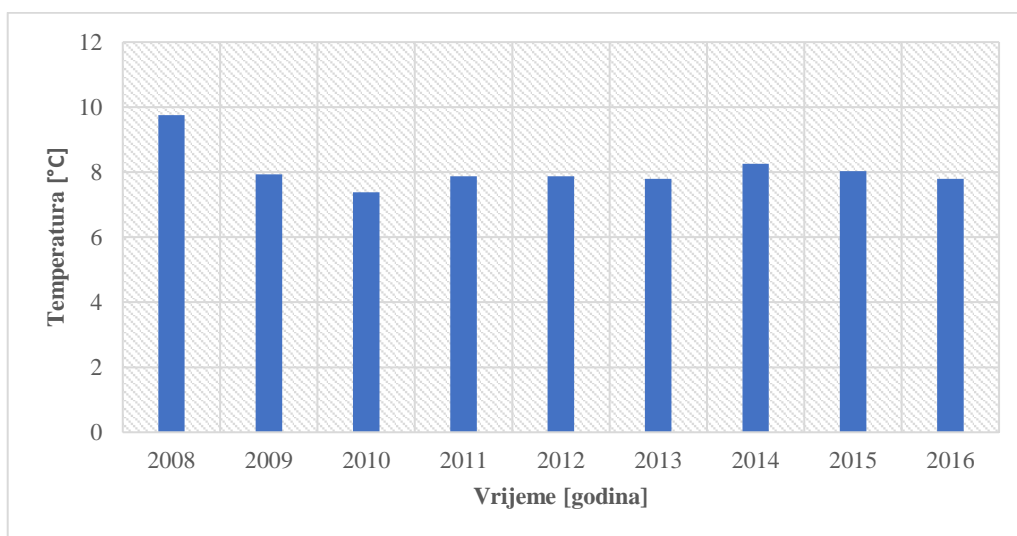


Slika 2.2. Prostorni položaj mjerne postaje Blidinje

Temperatura

Prema podacima o temperaturi zraka za razdoblje od devet godina, od 2008. do 2016. godine, prosječna temperatura zraka na mjernoj postaji Blidinje je bila 8,1 °C. Prosječna temperatura u ljetnim mjesecima je bila 15,9 °C, a najniža u navedenom razdoblju izmjerena je 24. rujna 2009. godine i iznosila je 4,9 °C. Prosječna temperatura u zimskim mjesecima

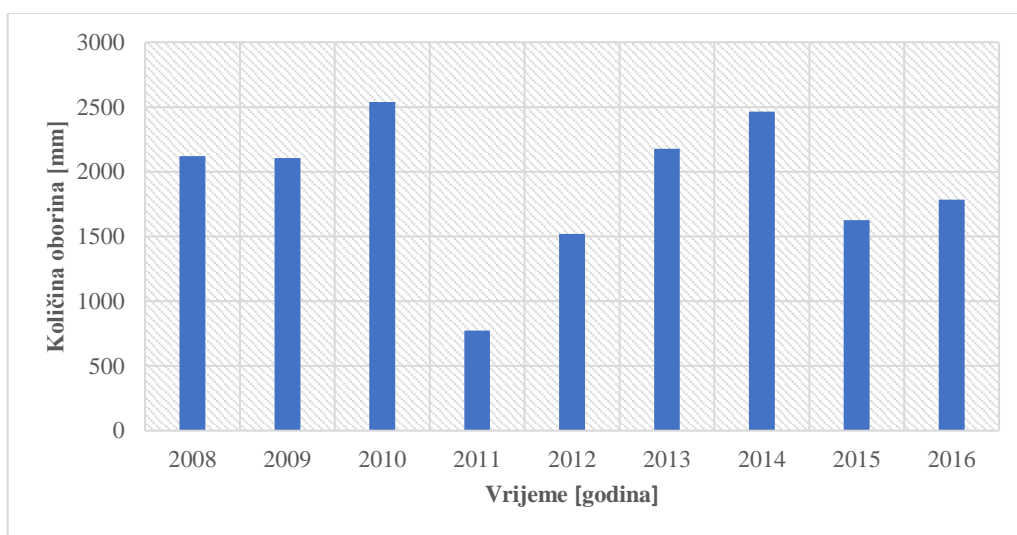
iznosila je 3 °C, a najniža u navedem razdoblju izmjerena je 7. siječnja 2017. godine i iznosila je -16,6 °C (slika 2.3.).



Slika 2.3. Prosječne godišnje temperature zraka na mjernoj postaji Blidinje

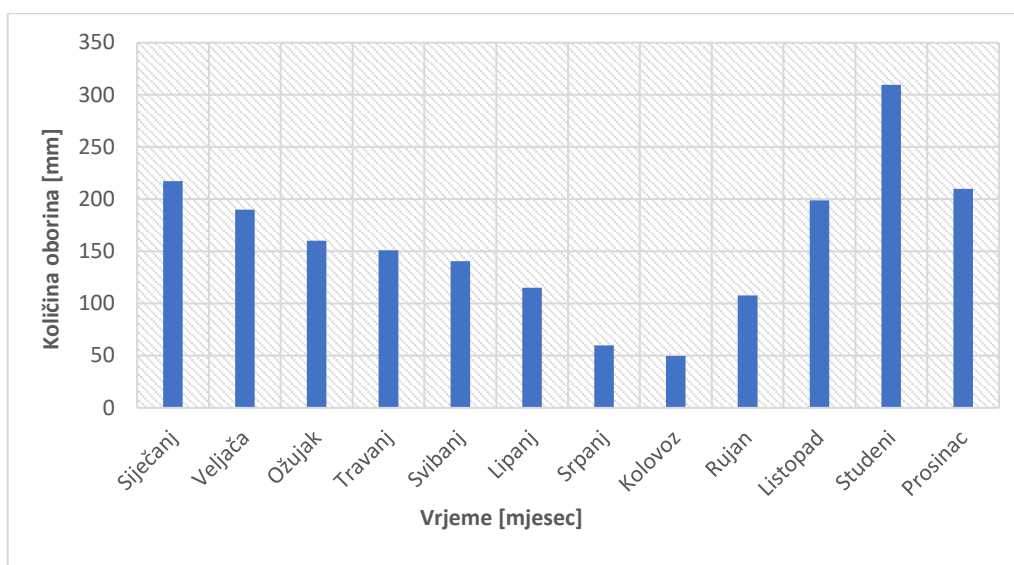
Oborine

Prema podacima o oborinama za razdoblje od devet godina, od 2008. do 2016. na mjernoj postaji Blidinje, prosječna količina oborina iznosila je oko 1900 mm. Podaci su prikazani na slici 2.4. i u Tablici 2.1.



Slika 2.4. Prosječne godišnje količine oborina na mjernoj postaji Blidinje za razdoblje od 2008. do 2016. godine

Prosječna količina oborina po mjesecima prikazana je na slici 2.5. i Tablici 2.1. Vidljivo je da su najveće količine oborina zabilježene u zimskim mjesecima.



Slika 2.5. Prosječna mjesečna količina oborina za razdoblje od 2008. do 2016. godine

Tablica 2.1. Prosječna mjesečna količina oborina na mjernoj postaji Blidinje za razdoblje od 2008. do 2016. godine.

Mjesec	Količina oborina [mm]
Siječanj	217,27
Veljača	190,02
Ožujak	160,11
Travanj	150,96
Svibanj	140,6
Lipanj	115,18
Srpanj	59,89
Kolovoz	49,60
Rujan	107,71
Listopad	198,78
Studeni	309,53
Prosinac	209,89

3. GEOLOŠKE ZNAČAJKE ŠIREG PODRUČJA

Područje Parka prirode Blidinje izgrađeno je uglavnom od karbonatnih naslaga mezozojske i kenozojske starosti, prema Osnovnoj geološkoj karti SFRJ list Mostar (Mojičević i Laušević, 1973), list Prozor (Sofilj i dr., 1971), list Livno (Papeš, 1967), list Imotski (Raić i dr., 1968) i pripadajućim tumačima mezozojske naslage zastupljene su od donjeg trijasa do gornje krede (slika 3.1.). U litološkom sastavu prevladavaju vapnenci i dolomiti s različitim stupnjem njihovih izomorfnih zamjena (kalcitični dolomiti, dolomitični vapnenci). Od kenozojskih naslaga prisutni su paleogenski i neogenski te kvartarni sedimenti (Milićević, 2013).

3.1. Meozoik

Najstarije mezozojske stijene su trijaskе starosti. Donjotrijaskе naslage predstavljene su Kampilskim sedimentima (T_1^2): laporima, pješčenjacima i laporovito – pjeskovitim vapnencima. Javljuju se uglavnom na rubovima Parka kod Sovićkih vrata i antiklinalnim formama Doljanke, Drežanke i Dive Grabovice. Na naslage donjeg trijasa u području kanjona Doljanke nastavljaju se konkordantno naslage srednjeg i gornjeg trijasa. Naslage srednjeg trijasa predstavljene su: masivnim vapnencima i dolomitima (T_2^1) i vapnencima, dolomitima i vulkanogenim sedimentima (T_2^2). Sedimenti prijelaznog sloja ($T_{2,3}$) predstavljeni sivim dolomitima s manjim interakcijama vapnenaca nalaze se na južnim i sjevernim padinama Čvrsnice uz kanjon rijeke Doljanke. Gornjotrijaskе naslage (T_3) predstavljaju uslojeni i masivni dolomitični vapnenci i dolomiti, a nalaze se na sjevernim obroncima Čvrsnice, u dolini Drežanke sve do Neretve.

Sedimenti jurske starosti najvećim dijelom se prostiru u središnjem dijelu Parka prirode, na obroncima Vran planine, na njenom jugozapadnom dijelu te na njenim južnim padinama (Marjanović i dr., 2005) te na Čvrsnici i to na njenom središnjem i sjevernom dijelu (Milićević, 2013). Donjojurske naslage čine: dolomiti s proslojcima vapnenaca ($J_1^{1,2}$), vapnenci s megalodusima, orbitopselama, brahiopodima i proslojcima dolomita ($J_1^{2,3}$), uslojeni vapnenci ($J_{1,2}$). U srednjoj juri se ističu kalkareniti i oolitični vapnenci s krinoidama, dok u naslagama gornje jure dominiraju izmjene vapnenaca i dolomita ($J_3^{1,2}$) te naslage vapnenaca i slabo uslojenih masivnih dolomita ($J_3^{2,3}$).

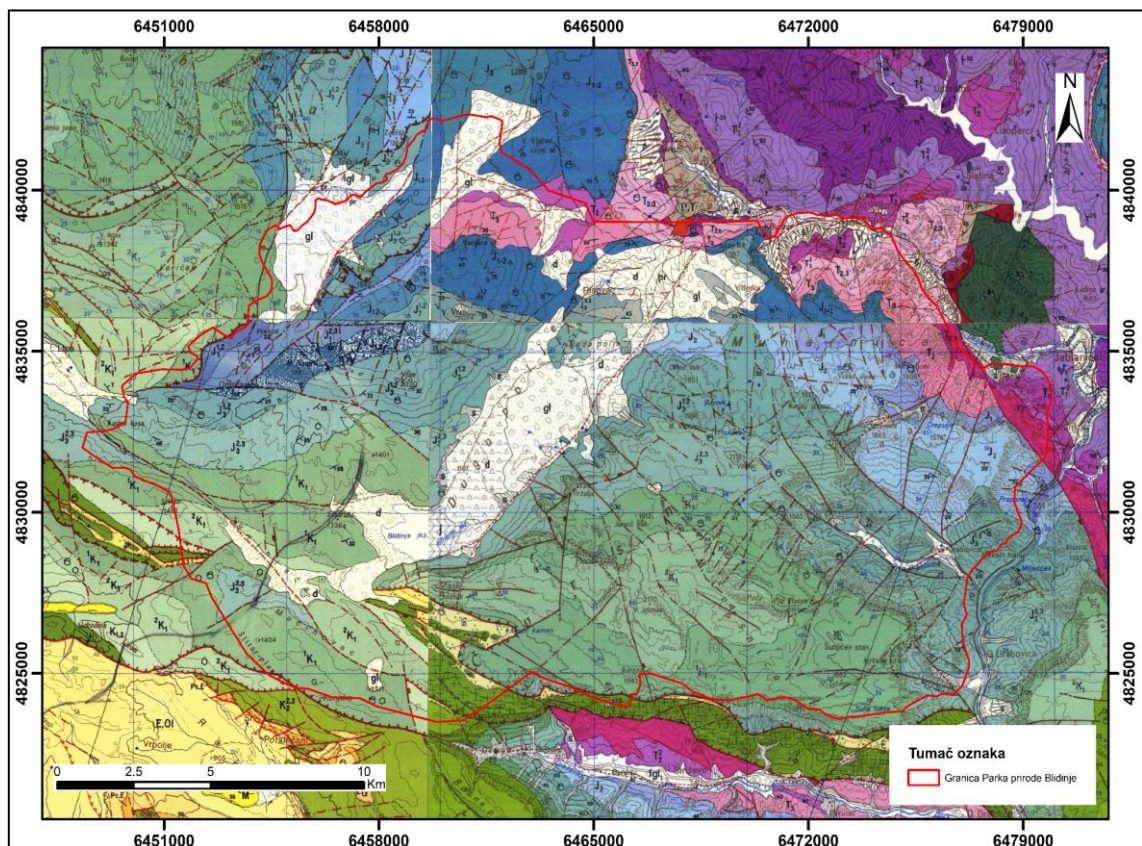
Sedimenti kredne starosti rasprostranjeni su oko jezera Blidinje, na jugozapadnim padinama Čvrsnice te na njezinim vrhovima Pločno, Mali i Veliki Jelenak te plato Male Čvrsnice s uzvišenjima Borova glava, Ploča i Velika Težovnica (Milićević, 2013). Naslage donje krede su ujednačenog litološkog sastava, a predstavljaju ih: vapnenci i masivni slabo uslojeni dolomiti s vapnencima, a na pojedinim dijelovima pojavljuju se i čisti dolomiti (1K_1), vapnenci s proslojcima dolomita (2K_1). Prijelaz donje i gornje krede predstavljen je dolomitima, dolomitičnim vapnencima te vapnencima i brečastim vapnencima. Naslage gornje krede čine: vapnenci s proslojcima dolomita ($K_2^{1,2}$), vapnenci s rudistima i proslojcima dolomita ($K_2^{2,3}$).

3.2. Kenozoik

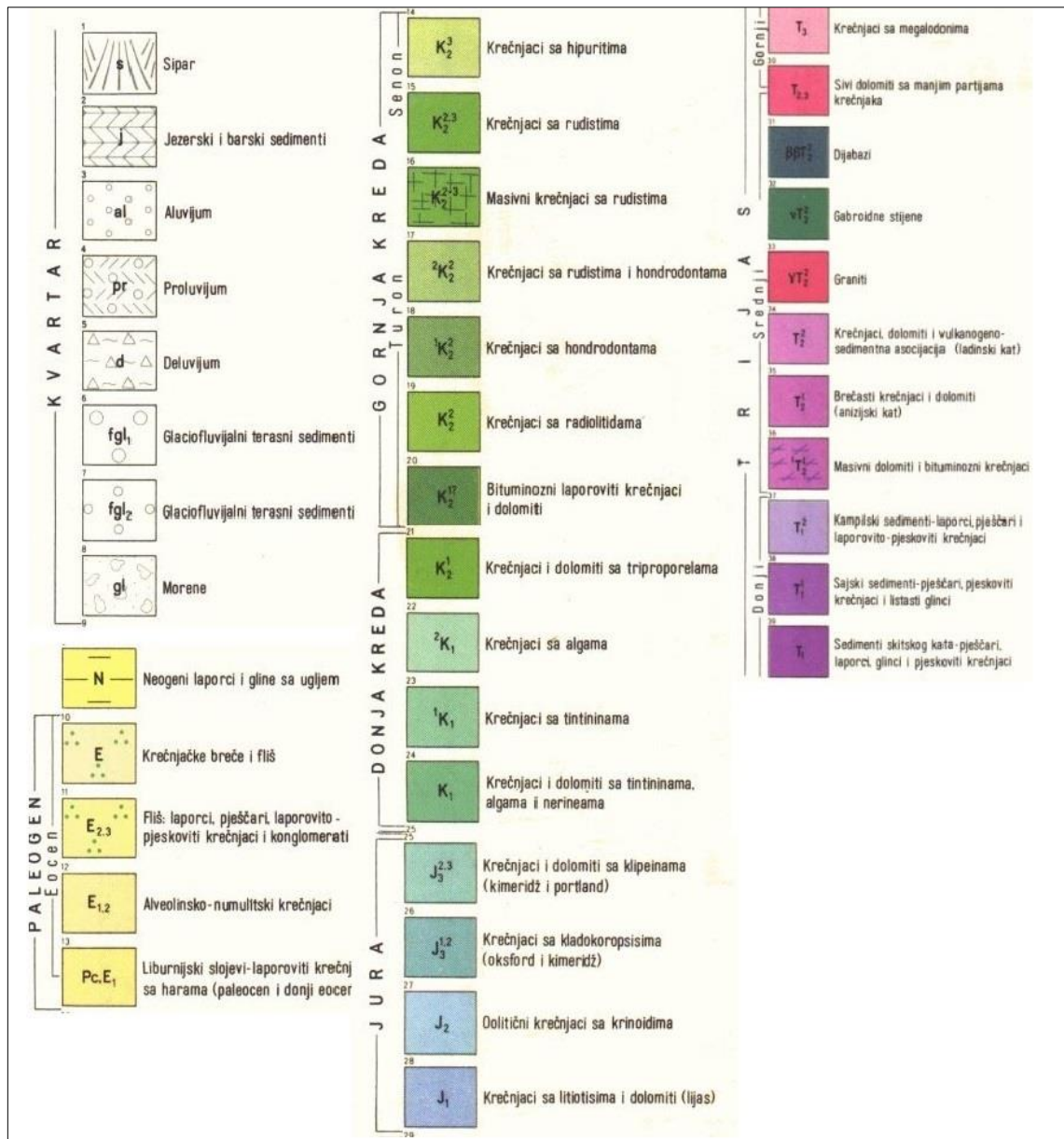
Tijekom paleogena dolazi do laganog izdizanja jugozapadnih dijelova gornjokrednog sedimentacijskog bazena što uvjetuje regresiju mora i stvaranje kopna, zbog čega su naslage uglavnom predstavljene klastitima. Tektonski aktivna zbivanja prate i erozijski procesi pa su naslage diskontinuirane. U tom razdoblju zbog reversnog rasjedanja su starije stijene, najčešće gornja kreda, navučene preko mlađih. Naslage paleogena se nalaze na južnim padinama Čvrsnice na području Bara i Blidinjskog jezera, a čine ih: liburnijski slojevi: uslojeni vapnenci, breče, lapori (P_cE), alveolinski i numulitni vapnenci ($E_{1,2}$), klastični sedimenti eocena: lapori, pješčenjaci, konglomerati ($E_{2,3}$) te breče i klastiti eocena: lapori, pješčenjaci, vapnenci, konglomerati, a površinu prekrivaju brečasti vapnenci (E).

Krajem tercijara došlo je do snažnih tektonskih pokreta i izdizanja Dinarida, nakon čega su snažno izloženi procesima erozije i denudacije. Nastupaju i velike klimatske promjene praćene glacijacijama u kvartaru. Kvartarne naslage kao najmlađe i danas su izložene promjenama (Marjanović i dr., 2005). Najviše su zastupljene u Dugom polju, na padinama Vrana, Čvrsnice i kanjonima rijeka na rubovima Parka. Kvartarne naslage čine: glacijalni (g) i fluvioglacijalni sedimenti (fgl) koje čine klastične karbonatne čestice i odlomci nezaobljenog do slabo zaobljenog oblika. Nema preciznih podataka o starosti i duljini transporta glacijalnog i fluvioglacijalnog materijala. Nakon njihovog formiranja bile su izložene djelovanju raznih vanjskih utjecaja kao što su insolacija, padaline, vjetar i sl. Osim erozijskim procesima, ove naslage su na nekim dijelovima Dugog polja izložene i akumulacijskim procesima, odnosno došlo je do taloženja deluvijalnih (d) naslaga preko njih. U neposrednoj blizini jezera nalaze se jezerske naslage (j): gline, pijesci i šljunci koje

se razlikuju od ranije navedenih po većem stupnju cementacije, boljoj zaobljenosti i odsutnosti krupnih frakcija. Na padinama Vrana i Čvrsnice oko Dugog polja djelovanjem erozijskih i akumulacijskih procesa nastaju sipari-kalstične stijene koje se sastoje od nezaobljenog i nesortiranog materijala, slabovezanog, s velikim rasponima promjera čestica i odlomaka koji ga izgrađuju (Marjanović i dr., 2005).



Slika 3.1. Isječak iz Osnovne geološke karte SFRJ 1:100 000, listovi: Mostar (Mojičević i Laušević, 1973), Prozor (Sofilj i dr., 1971), Livno (Papeš, 1967), Imotski (Raić i dr., 1968)



Slika 3.2. Tumač oznaka prikazanih na slici 3.1.(OGK 1:100 000)

3.3. Strukturno – tektonske značajke šireg područja

U strukturno – tektonskom smislu su Buljan i dr. (2005) izdvojili pet (5) strukturnih jedinica šireg područja Parka prirode Blidinje (slika 3.3.).

Od sjeveroistoka prema jugozapadu to su:

1. Srednje–bosanski paleozoik
2. Ljubuša – Blačina
3. Vran – Čvrtnica – Prenj

4. Mesihovina – Čabulja
5. Strukturna jedinica Imotski

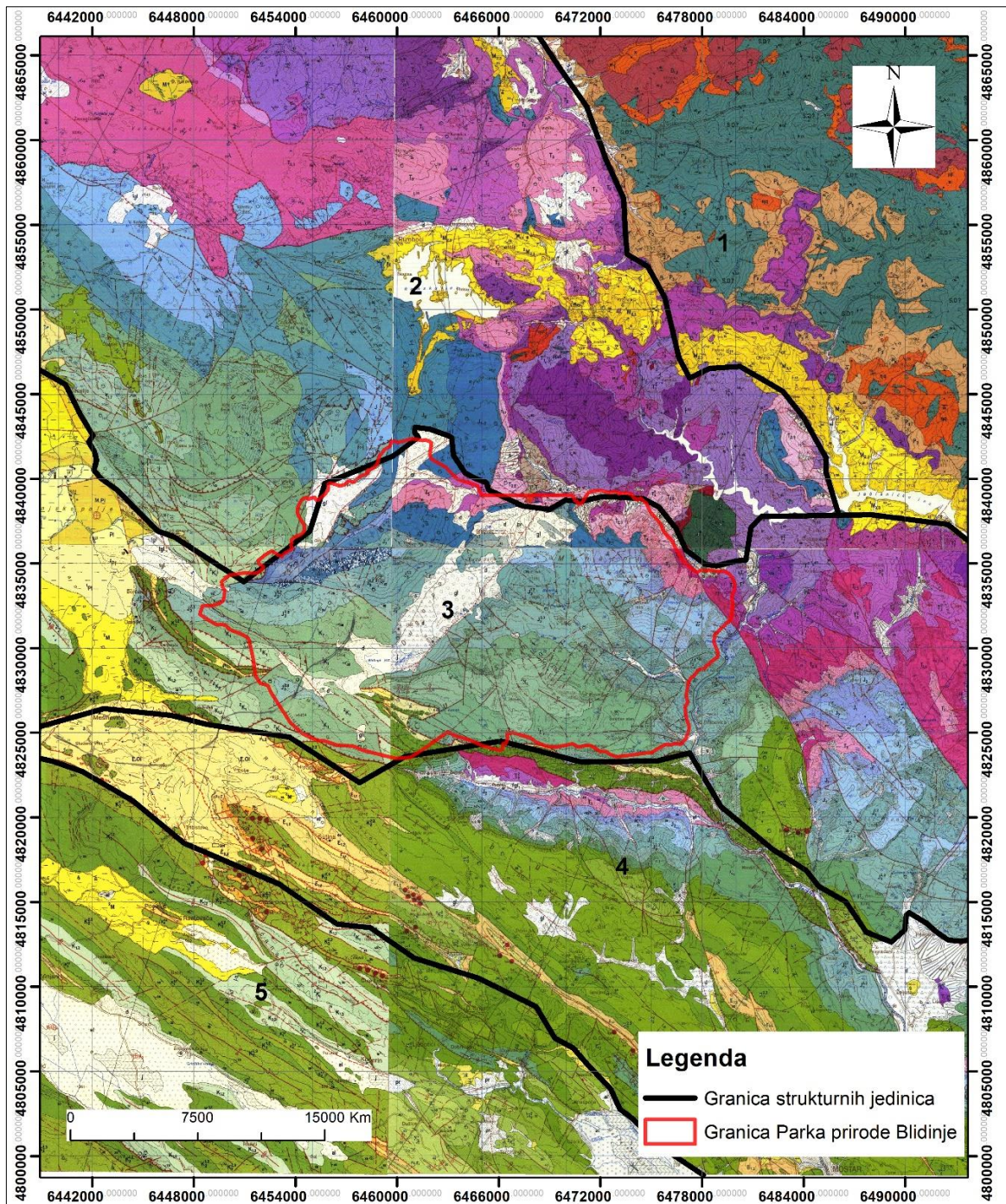
Strukturna jedinica *Srednje–bosanski paleozoik* izgrađena je od masivnih karbonatnih naslaga silurske i devonske starosti, magmatskih riolitnih stijena, vapnenaca metamorfoziranih u mramore i klastičnih naslaga perma. Tektonski kontakt u terenu je u dobrom dijelu prekriven širokim pojasom transgresivno istaloženih miocenskih naslaga

Strukturna jedinica *Ljubuša – Blačina* nalazi se jugozapadno od srednje – bosanskog paleozoika. Izgrađena je dominantno od permskih i donjotrijaskih klastita na kojima su konkordantno istaložene srednjotrijaske karbonatne i vulkanogeno sedimentne naslage.

Strukturna jedinica *Vran – Čvrstica – Prenj* dominantno je izgrađena od karbonatno boranih naslaga trijaskе, jurske i kredne starosti. To je prostrana, središnja strukturna jedinica područja Parka prirode Blidinje. Poprečnim rasjedima je razdijeljena u regionalne strukturne blokove. Između dva takva bloka, duž rasjeda položenog okomito na dinarski pravac pružanja, u zoni ekstenzije nastalo je Dugo polje s Blidinjskim jezerom. Sjevernu granicu čini strukturna jedinica *Ljubuša – Blačina*, a jugozapadnu granicu predstavlja strukturna jedinica *Mesihovina – Čabulja*.

Strukturna jedinica *Mesihovina – Čabulja* predstavljena je trijaskim, jurskim i krednim karbonatnim naslagama i klastičnim gornjo-eocenskim flišnim naslagama koje su u najvećem dijelu tektonski reducirane i/ili erodirane. Unutar strukturne jedinice moguća je i dodatna raščlamba na niz rasjeda dinarskog smjera pružanja.

Strukturna jedinica *Imotski* nalazi se jugozapadno od opisane strukturne jedinice *Mesihovina – Čabulja*. Sadrži slična litostratigrafska i strukturno – tektonska obilježja



*Slika 3.3. Strukturne jedinice šireg područja Parka prirode Blidinje
(prema Buljan i dr., 2005)*

Tumač oznaka: 1.) Srednje – bosanski paleozoik, 2.) Ljubuša – Blačina, 3.) Vran – Čvrstica, 4.) Mesihovina – Čabulja, 5.) Imotski

4. HIDROGEOLOŠKE ZNAČAJKE

Hidrogeološki odnosi na području Parka prirode Blidinje rezultat su geološke građe, litološkog sastava, reljefa te tektonskih i hipsometrijskih odnosa. Reljef - planinske uzvisine i udubine te količina i prostorna raspodjela oborina osnove su hidrografskih i hidroloških odnosa (Plan upravljanja Parka prirode Blidinje, 2011).

Veći prostor Parka prirode Blidinje izgrađuju uglavnom vapnenci jurske i kredne starosti, dolomiti trijasa, jure i donje krede, paleogenski i eocenski klastiti te kvartarni glacijalni i fluvioglacijalni sedimenti. Tektonska događanja, ispucanost vapnenaca i procesi okršavanja presudni su za istraživano područje uslijed čega dolazi do formiranja pukotinske i kavernozone poroznosti. Jače okršavanje karbonatne mase predisponirano je brojnim rasjedima koji predstavljaju glavna drenažna područja za tokove podzemnih voda. Dubina i smjerovi cirkulacije vode ovise o položaju nepropusnih stijena, i to najvećim dijelom dolomita donjeg trijasa, a manje dolomita jure i krede (Slišković i dr., 2005).

Dolomiti gornjeg trijasa ponegdje su i okršeni, ali u osnovnoj strukturi su nepropusni i čine barijeru tečenju podzemnih voda. Dolomiti imaju značajnu hidrogeološku funkciju u formiranju razvodnica u srednjem toku Neretve, kao što su dolomiti antiklinala Drežanke i Doljanke. Velika vodopropusnost vapnenaca mezozojske starosti, koji uglavnom izgrađuju planine Vran i Čvršnicu te dobra vodopropusnost kvartarnih fluvioglacijalnih i morenskih sedimenata u krškim zaravnima Dugog polja, Svinjače i Risovca, uvjetovali su raspored izvorišta, lokalnih manjih slivnih područja i tokova vode u Parku prirode Blidinje (Slišković i dr., 2005).

Najznačajniji stalni vodni objekti u Parku su: jezero Blidinje (slika 4.1.), stalni tok Brčanj, nekoliko izvora u Masnoj Luci (Jasle, Fratarsko vrilo i Gornje vrilo), u Gornjim Barama (Soldino i Konjsko vrelo), četiri manja jezera na Čvršnici (Čvršničko i Ledeno jezero, Crepulja i Črljenak) te nekoliko manjih pukotinskih izvora na Plasu, povremenih lokava i snježnih bunara na Vranu (Plan upravljanja Parka prirode Blidinje, 2011). Nema razvijene površinske mreže tokova. Prilikom većih količina oborina javljaju se povremeni vodotoci oblikovani u dolomitičnim vapnencima Vran planine (Musa, 2005).



Slika 4.1. Panoramski pogled na jezero Blidinje

Na području Parka pojavljuje se veliki broj vrtača (slika 4.2). Prema Galić i dr. (2015) nastanak vrtača rezultat je različitih prirodnih procesa koji obično djeluju istovremeno, a među njima se ističu otapanje i urušavanje svoda špilja. Vrtače uglavnom nastaju urušavanjem površinskog materijala u podzemlje što rezultira nastankom depresije. Na području Parka vrtače su, uglavnom, u tlocrtu kružnog ili ovalnog oblika, a promjer im je obično veći od dubine.



Slika 4.2. Pogled na vrtaču u polju Brčanj

Prihranjivanje podzemnih voda često se odvija koncentriranim poniranjem voda na rubovima krških polja. Na slici 4.3. su prikazane trasiranjem dokazane veze voda koje poniru na području Parka prirode Blidinje. Prema Sliškoviću (2014) prividna brzina podzemnih tokova određena trasiranjima kreće se između 0,55 i 2,84 cm/s.

Slišković i dr. (2005) prikazali su slivna područja i smjerove tečenja vode u Parku prirode Blidinje (slika 4.3 i slika 4.4.), a oznake na karti označavaju sljedeće slivove:

1. Sliv Ramskog jezera i rijeke Rame
2. Sliv rijeke Doljanke
 - 3.1. Sliv vrela Veliki i Mali Praporac
 - 3.2. Sliv Crnog jezera
 - 3.3. Sliv Drežnice
4. Sliv Ugrovače/Lišnice
5. Sliv vrela Rdobolje i Studenca
6. Sliv Cetine

Slivu Rame i Ramskog jezera pripadaju vode Vran planine i ponori u Risovcu. Privilegirani smjer tečenja podzemne vode je jugozapad – sjeveroistok odnosno prema izvorima na južnom rubu Ramskog jezera.

Sliv rijeke Doljanke ograničen je na užu zonu duž riječnog toka, a izgrađen je od nepropusnih stijena. U dolini Doljanke javljaju se ocjedni izvori malih izdašnosti do 1 l/s i pukotinski izvori od 30 l/s.

Sliv Velikog i Malog Praporca (slika 4.3. označeno s 3-1) ograničen je sa sjevera i juga dolomitima Doljanke i Drežanke, a zapadna granica nije jasno utvrđena. Veliki Praporac ima minimalnu izdašnost 0,8 m³/s, a kaptiran je za vodoopskrbu grada Jablanice.

Sliv Crnog jezera (slika 4.3. označeno s 3-2) od sliva Velikog i Malog Praporca odvaja dolomitna antiklinala Dive Grabovice. Vrelo Crnog jezera izvire nizvodno od HE Grabovica, a izvire sifonalno iz vrtače koja je ispod korita Neretve, s minimalnom izdašnosti 1 m³/s. Jezero Blidinje prihranjuje izvor Crno jezero, količine vode koje poniru u podzemlje s jezera bitno utječu na izdašnost Crnog jezera (Slišković, 1995).

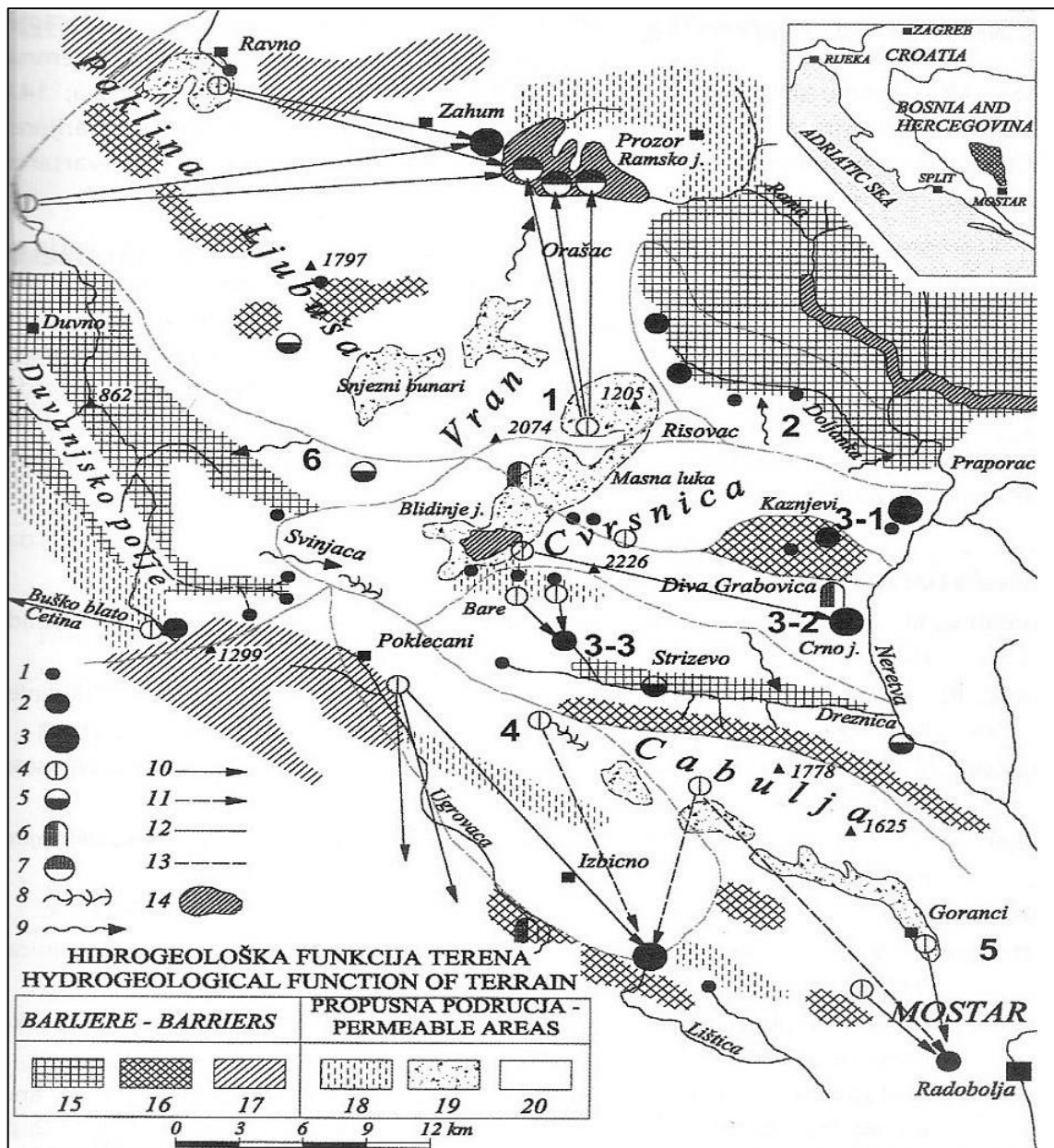
Sliv rijeke Drežanke (slika 4.3. označeno s 3-3) izmodeliran je u dolomitima trijaska starosti. Bojanjem ponora u Gornjim i Donjim Barama utvrđena je veza s glavnim vrelom Drežanke s minimalnom izdašnosti $0,12 \text{ m}^3/\text{s}$.

Slivu vrela Lištice pripadaju dijelovi sliva Ugrovače u Rakinom polju. Bojanje ponora u Sutini dokazalo je vezu s vrelima Lištice (25%), Vrioštice (30%) i Klokuna u Klobuku (55%).

Područje planine Čabulje izvan Parka prirode Blidinje dreniraju vrela Radobolje koje ima velike oscilacije u izdašnosti ($Q_{\max} = 10 \text{ m}^3/\text{s}$, $Q_{\text{sr}} = 3,0 \text{ m}^3/\text{s}$ i $Q_{\min} = 0,2 \text{ m}^3/\text{s}$) i Studenca. Vode sa zapadnog dijela Svinjače teku prema Duvanjskom polju i preko ponora Kovači u Buško Blato i dalje u sliv Cetine.

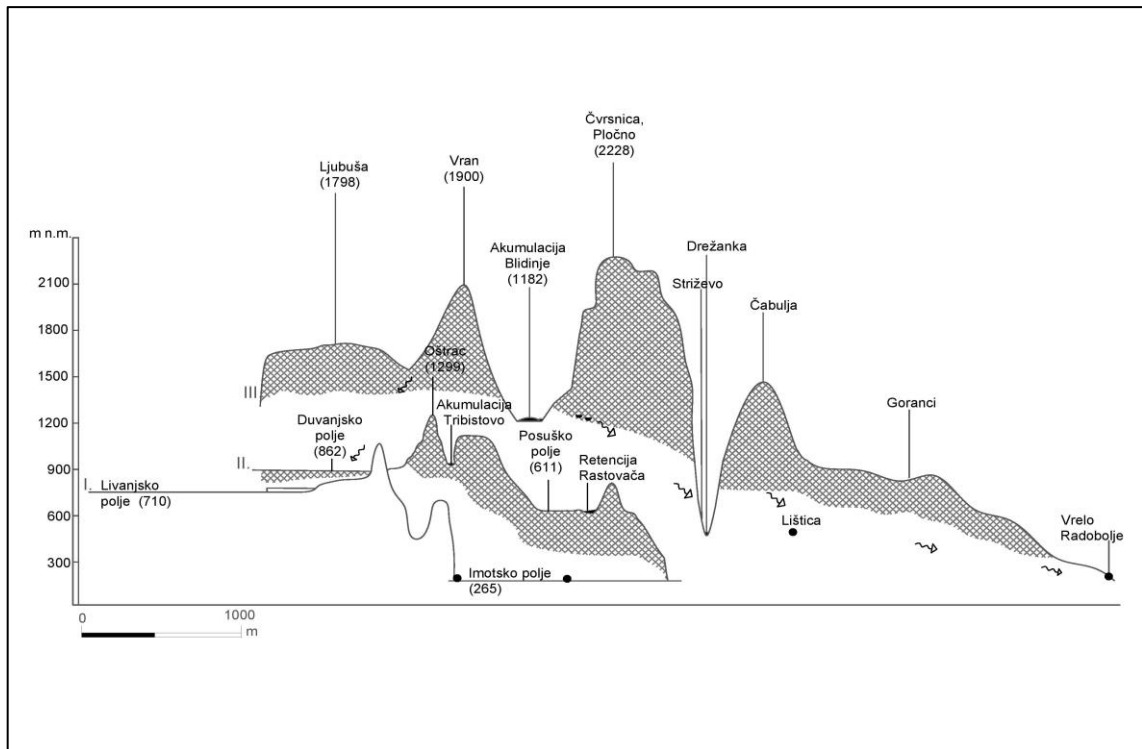
Kako je Park prirode Blidinje planinsko područje bogato oborinama na čijim se rubovima pojavljuju snažni krški izvori što dokazuje da su hidrogeološki odnosi uglavnom u ovisnosti o rasporedu strukturnih jedinica i reljefu (Ivičić i dr., 2000).

Na slici 4.4. prikazan je shematski profil u tri hipsometrijska stupnja modificiran prema (Ivičić i dr., 2000) gdje su i prva dva stupnja detaljno pojašnjena. Profil u trećem stupnju prelazi preko visokih planinskih područja: preko planine Ljubuše, Vran planine, udoline Dugog polja, Čvrsnice, korita Drežanke, Čabulje preko Goranaca do vrela Radobolje koje je kaptirano za vodoopskrbu Mostara (v.sliku 4.3). Vidljivi su osnovni smjerovi tečenja vode kroz propusnu karbonatnu sredinu: sa zapadnog dijela Svinjače i jugozapadnih padina Vrana vode otječu prema Duvanjskom polju, brojne bujice s Vrana i masiva Čvrsnice, prihranjuju jezero Blidinje vodom, ali i nanosom. Sliv rijeke Drežanke drenira vode s Čvrsnice i područja Bara. Dok, kako je navedeno ranije, područje planine Čabulje dreniraju vrela Radobolje i Studenca kaptirani za vodoopskrbu Mostara, ali i vrelo Lištice kaptirano za vodoopskrbu Širokog Brijega.



Sika 4.3. Hidrogeološka karta Parka prirode Blidinje, s dokazanim podzemnim vezama
 (Slišković i dr., 2005)

Tumač oznaka: Krški izvor min. izdašnosti: 1.) < 10 l/s, 2.) 10-100 l/s, 3.) > 100 l/s 4.) ponor, 5.) povremeni izvor, 6.) špilja s vodom, 7.) potopljeni izvor, 8.) ponorna zona, 9.) povremeno otjecanje površinskih voda, 10.) utvrđena podzemna veza, 11.) pretpostavljena podzemna veza, 12.) površinska i podzemna razvodnica, 13.) zonalna razvodnica, 14.) jezero, 15.) potpuna hidrogeološka barijera, 16.) podzemna dubinska barijera, 17.) relativna podzemna barijera, 18.) nepotpuna viseća barijera 19.) kvartarni propusni sedimenti, 20.) propusna područja



Slika 4.4. Shematski profil

5. METODE ISTRAŽIVANJA

Za potrebe diplomskog rada provedena su terenska i kabinetska istraživanja. Terenska istraživanja na području Parka prirode Blidinje započela su u lipnju 2017. i trajala su do rujna 2017. godine. Za vrijeme i nakon terenskog istraživanja provedena su kabinetska istraživanja.

5.1. Terenske metode

Terenska istraživanja provedena su na užem dijelu Parka prirode Blidinje na području Dugog polja, jezera Blidinje te u podnožju planina Čvrsnice i Vrana. Tijekom terenskog istraživanja na izvorima i kaptiranim izvorima mjerene su vrijednosti pH, oksidacijsko–redukcijskog potencijala (ORP) i temperature pomoću mjerača HI98121 pH/ORP/Temperature Combo Tester. Tijek istraživanja je fotografiran te dokumentiran.

HI98121 pH/ORP/Temperature Combo Tester

HI98121 je pouzdan, vodootporan pH, ORP i temperaturni mjerač (slika 5.1.). Uređaj je otporan na vlagu i dizajniran za plutanje. Elektrode su zamjenjive kružnim konektorom od nehrđajućeg čelika što sprječava savijanje i pucanje igli elektroda prilikom njene zamjene. Uređaj sadrži termometar od nehrđajućeg čelika boljih karakteristika koji pruža točna mjerenja temperature (Hanna Instruments, 2017).



Slika 5.1. HI98121 pH/ORP/Temperature Combo Tester (Hanna Instruments, 2017).

5.2.Kabinetske metode

Nakon završenih terenskih istraživanja podaci mjerenja instrumentom HI98121 pH/ORP/Temperature Combo Tester preneseni su u softver Microsoft Excel 2016. U softveru su izrađeni dijagrami ovisnosti Eh (pe) vode o pH, tj. određeno je područje stabilnosti vode u prirodi, određene su hidrogeokemijske značajke. Za grafički prikaz i ispis interpretiranih hidrogeoloških profila korišten je program AutoCAD 2016 dok je za izradu hidrogeološke karte i drugih karata u radu korišten softver ArcGIS Desktop 10.1.

ArcGIS

ArcGIS je integrirani geografski informacijski sustav koji pruža kontekstualne alate za kartiranje i prostornu analizu. Osigurava sve alate nužne za rad s prostornim bazama podataka. To uključuje alate za sve GIS postupke: od uređivanja podataka, njihovog prikazivanja, geografske (prostorne) analize pa sve do distribuiranja podataka i aplikacija na Internet (ESRI, 2017; Matus 2015). ArcGIS se može koristiti za istraživanja površinskih i podzemnih voda, za upravljanje sustavima vodoopskrbe i navodnjavanja, pročišćavanja voda, obrana od poplava i dr. Koristi se i za monitoring kakvoće vode, upravljanje riječnim slivovima, korištenje zemljišta i dr. (Negovec, 2016; Johnson, 2009).

AutoCAD

AutoCAD je program za 2D i 3D konstruiranje i crtanje opće namjene te je radi sveobuhvatnosti i velikog broja mogućnosti jednako primjenjiv u svim tehničkim strukama (PRIOR, 2017). AutoCAD tvrtke AutoDesk je program iz područja vektorske grafike gdje je svaka crta, geometrijski lik ili složeno geometrijsko tijelo iscertano temeljem matematičke interpretacije operacija s vektorima (ESRI, 2017). U okviru geologije AutoCAD se uglavnom koristi u kombinaciji s drugim programima za grafičku obradu podataka. Prednosti korištenja CAD alata odnose se na izradu grafičkog prikaza koreliranih geoloških profila i mogućnosti ispisa profila u željenom mjerilu (Posavec i dr., 2006).

6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

6.1. Hidrogeološka karta

Tijekom istraživanja obavljeno je kartiranje terena čemu je prethodila analiza svih dostupnih ranijih istraživanja, a kao rezultat izrađena je hidrogeološka karta Parka prirode Blidinje (Prilog 1.).

Hidrogeološke jedinice izdvojene su na temelju njihove litološke građe, tipa i položaja u sklopu terena kojim je određena i njihova hidrogeološka funkcija, a to su:

1. Dobropropusne naslage koje predstavljaju vapnenci donjojurske starosti s megalodusima, orbitopselama, brahiopodima i proslojcima dolomita ($J_1^{2,3}$), masivni i uslojeni vapnenci gornjojurske starosti s ellipsactinijama (J_3) te alveolinski numulitni vapnenci eocenske starosti ($E_{1,2}$). Na karti su prikazane tamnoplavom bojom.
2. Propusne naslage koje predstavljaju naslage jurske i kredne starosti. Donjojurski dolomiti s ulošcima vapnenaca ($J_1^{1,2}$), donjojurski vapnenci laporoviti s proslojcima dolomita ($J_{1,2}$). Srednjejurski oolitični vapnenci s crionoidama (J_2). Gornjojurski vapnenci i dolomiti ($J_3^{1,2}$), vapnenci i slabo uslojeni masivni dolomiti ($J_3^{2,3}$). Donjokredni vapnenci i masivni slabo uslojeni dolomiti s vapnencima (1K_1), vapnenci s proslojcima dolomita (2K_1). Dolomiti, dolomitični vapnenci, vapnenci i brečasti vapnenci na prijelazu donje i gornje krede ($K_{1,2}$). Gornjokredni vapnenci s proslojcima dolomita ($K_2^{1,2}$), vapnenci s rudistima i proslojcima dolomita ($K_2^{2,3}$). Na karti su prikazane svijetloplavom bojom.
3. Promjenjivo propusne naslage koje predstavljaju kvartarne naslage od kojih su morenske, glacijalne naslage (gl), proluvijalni materijal (pr), deluvijalne naslage (dl), jezerske i barske naslage (j) te siparišta (s). Na karti su prikazane žućkasto-bijelom bojom.

4. Nepropusne naslage koje predstavljaju uslojeni i masivni dolomitični vapnenci i dolomiti (T_3), dolomiti i dolomitični vapnenci ($T_{2,3}$), uslojeni brečasti vapnenci i dolomiti (T_2^1). Na karti su označeni smeđom bojom, a nalaze uglavnom uz rubove Parka prirode Blidinje.

Od hidrogeoloških pojava kao najveća vidljiva hidrogeološka pojava izdvaja se jezero Blidinje na jugozapadnom dijelu Dugog polja, a na njegovom sjeverozapadnom dijelu duž polja prostire se vodotok Brčanj. Na području Parka prirode Blidinje nalazi se niz bunara, lokvi, cisterni s povremenom i stalnom vodom, povremenih i stalnih ponora uglavnom na kontaktu propusnih i nepropusnih naslaga te niz izvora. Izvori i povremeni izvori su uglavnom malih izdašnosti izuzev izvora velikih izdašnosti na rubovima Parka prirode Blidinje, na kontaktu propusnih i nepropusnih naslaga.

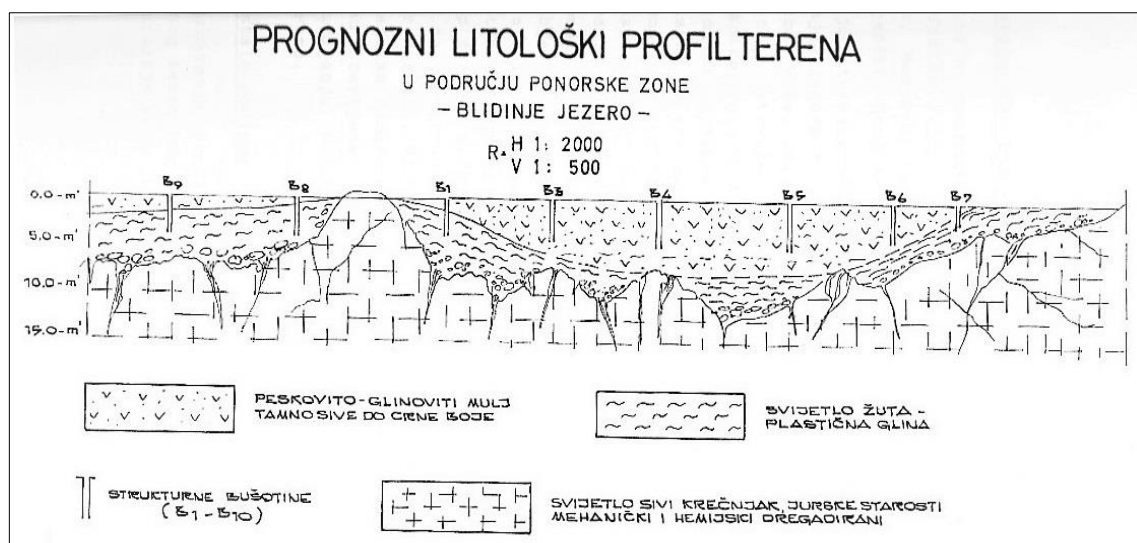
6.2. Jezero Blidinje

Najveći vidljivi hidrogeološki objekt predstavlja jezero Blidinje, smješteno između planinskih masiva Čvrsnice i Vran planine. Dno jezera nalazi se na 1180 m n.m. Površina jezera je promjenjiva.

Gotovo cijela površina jezera, osim krajnjeg južnog dijela, je formirana na glacijalno– deluvijalnim sedimentima. Južni, odnosno jugoistočni jurski vapnenci i kredni dolomiti duž regionalnog rasjeda (pravac pružanja SI – JZ) nalaze se na istoj hipsometrijskoj razini. Tektonski pokreti znatno su degradirali jurske karbonate što je u velikoj mjeri pospješilo njihovo okršavanje za vrijeme ledenog doba, a traje i danas. Topljenjem ledenjaka i otjecanje njihovih voda preko površine jezera, dreniralo je i vode samog jezera, a vode su otjecale preko ponora na dnu jezera. Naime, dno jezera čini ogromna ponorska zona duljine od 300 do 400 m i širine 50 do 100 m (Izvedbeni projekat zaštite Blidinje jezera, 1990).

Prema istraživanjima koja su se provela 1990. godine (Izvedbeni projekat zaštite Blidinje jezera, 1990) najveća duljina jezera je 3645 m, maksimalna širina 1585 m, prosječna dubina je 1,12 m, a obujam jezera iznosi $4,20 \times 10^6 \text{ m}^3$. Najniža razina jezera zabilježena je u rujnu 1990. godine, iznosila je oko 15 cm.

Istražnim radovima iz 1990. godine na samom jezeru i u području ponorne zone izvedeno je 10 plitkih bušotina dubine 2,5 - 4,5 m u svrhu izgradnje nasipa. Utvrđeno je da je na rubovima jezera preko karbonata istaložena svijetložuta glina visoke plastičnosti, a udaljavanjem od obale dno jezera izgrađuje prah žitke do lako gnječive konzistencije tamnosive do crne boje. Gradnjom nasipa planirano je kontrolirati otjecanje vode iz jezera, odnosno sprečavanje isušivanja jezera, zaštita flore i faune jezera i izvora koji imaju dokazanu vezu s vodom koja ponire. Izgradnja istoga do sada nije dovršena, već je samo u manjoj mjeri smanjeno otjecanje.



Slika 6.1. Prognozni litološki profil terena (Izvedbeni projekat zaštite Blidinje jezera, 1990)

Analizom geološke građe područja, terenskim istraživanjima te rezultatima geofizičkih geoelektričnih istraživanja metodom sondiranja koje je izvela tvrtka Geosond d.d. Zagreb izrađeni su hidrogeološki profili, a prostorni položaj profila vidljiv je na slici 6.2. Na profilima je vidljiva heterogenost sastava i veličina nošenog materijala na početku i na kraju profila, što ukazuje na fluvio-glacialni način taloženja. Profili su odabrani obzirom na dotok vode prema jezeru, nalaze se ispred ponorne zone.

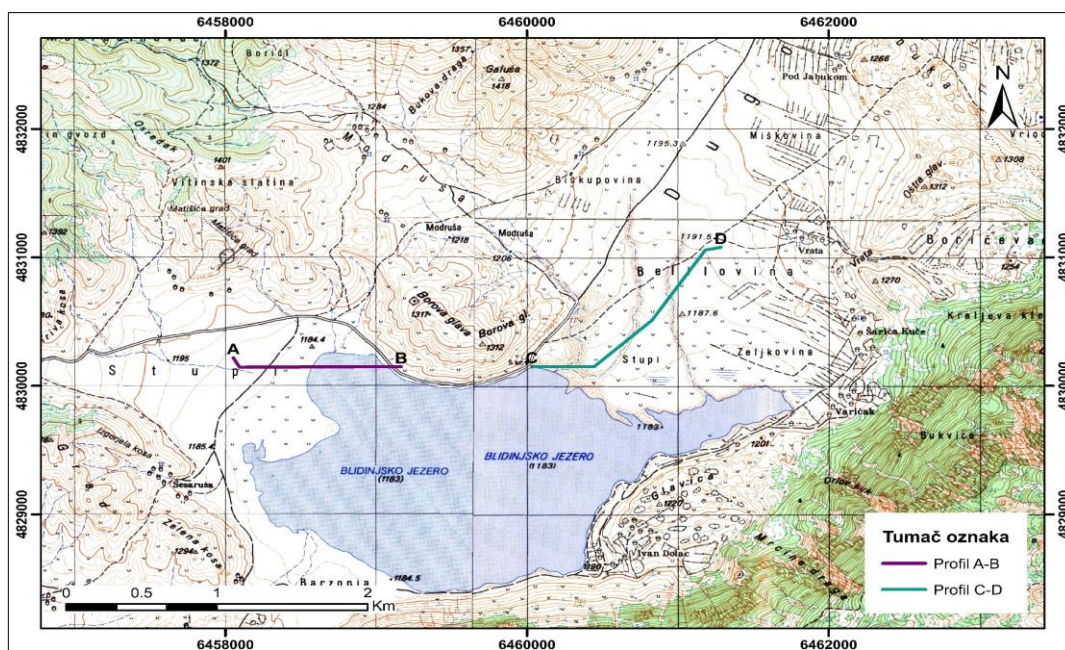
Na profilu A-B (slika 6.3.) izdvojene su kvartarne deluvijalne i glacio-fluvijalne, jezerske, naslage (Qd; Qg-f), promjenjive propusnosti.

U drugom sloju koji isklinjava prema jezeru izdvojene su eocenske fliške naslage: pješčenjaci, lapori, konglomerati (prema OGK list Imotski), nepropusne naslage.

U podini su izdvojene karbonatne naslage sekundarne poroznosti: dobropropusni kredni vapnenci i dolomiti (K_1).

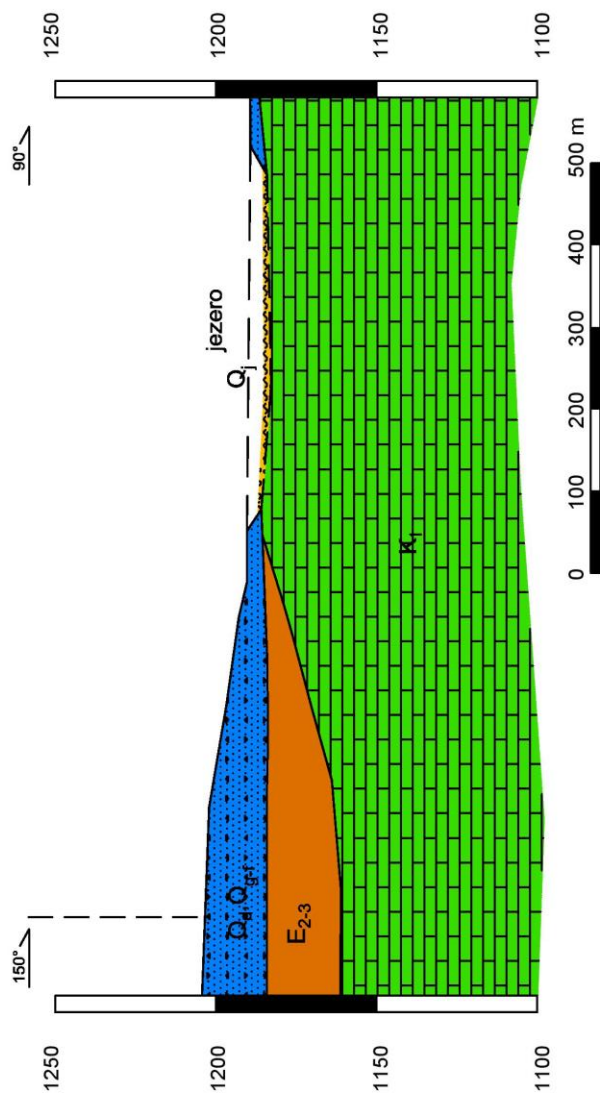
Na profilu C-D izdvojene su 3 vrste naslaga (slika 6.4.), u prvom sloju vidljive su kvartarne deluvijalne i glacio – fluvijalne, jezerske, naslage (Qd; Qg-f), promjenjive propusnosti.

U drugom sloju vidljive su eocenske – fliške naslage: pješčenjaci, lapori, konglomerati (prema OGK list Imotski), koje su u hidrogeološkom smislu nepropusne (E_{2-3}). Podinu čine dobropropusne karbonatne naslage sekundarne poroznosti: kredni vapnenci i dolomiti (K_1).



Slika 6.2. Prostorni položaj profila A-B i C-D

HIDROGEOLOŠKI PROFIL A - B



Tumač oznaka

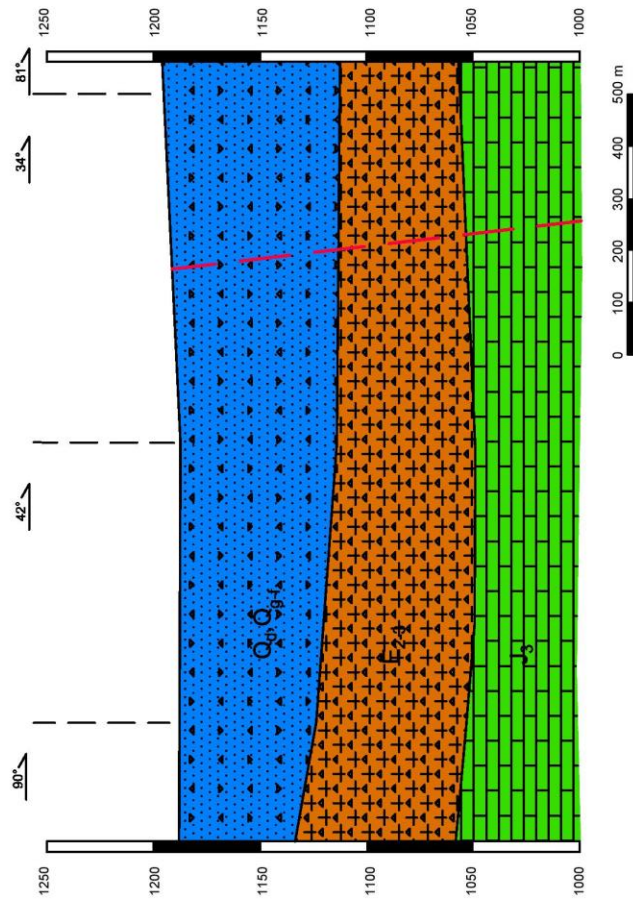
SIMBOL	OZNAKA	LITOLOŠKA SVOJSTVA	HIDROGEOLOŠKA SVOJSTVA
Q_j		Kvartarne jezerske naslage	Slabo propusno
Q_d, Q_{grf}		Kvartarne deluvijalne naslage	Promjenljivo propusno
E_{2-3}		Eocenski filiš: pješčenjaci, lapori i konglomerati	Nepropusno
K_1		Kredni vapnenci i dolomiti	Dobro propusno

Ostale oznake:



Slika 6.3. Hidrogeološki profil A-B

HIDROGEOLOŠKI PROFIL C - D



Tumač oznaka

SIMBOL	OZNAKA	LITOLOŠKA SVOJSTVA	HIDROGEOLOŠKA SVOJSTVA
Q_{gr}, Q_{gr}		Kvarterne deluvijalne naslage	Promjenjivo propusno
$E_{2,3}$		Eocenski fliš: pješčenjaci, lapori i konglomerati	Nepropusno
K_1		Kredni vapnenci i dolomiti	Dobro propusno

Ostale oznake:

	Rasjed - pretpostavljen
--	-------------------------

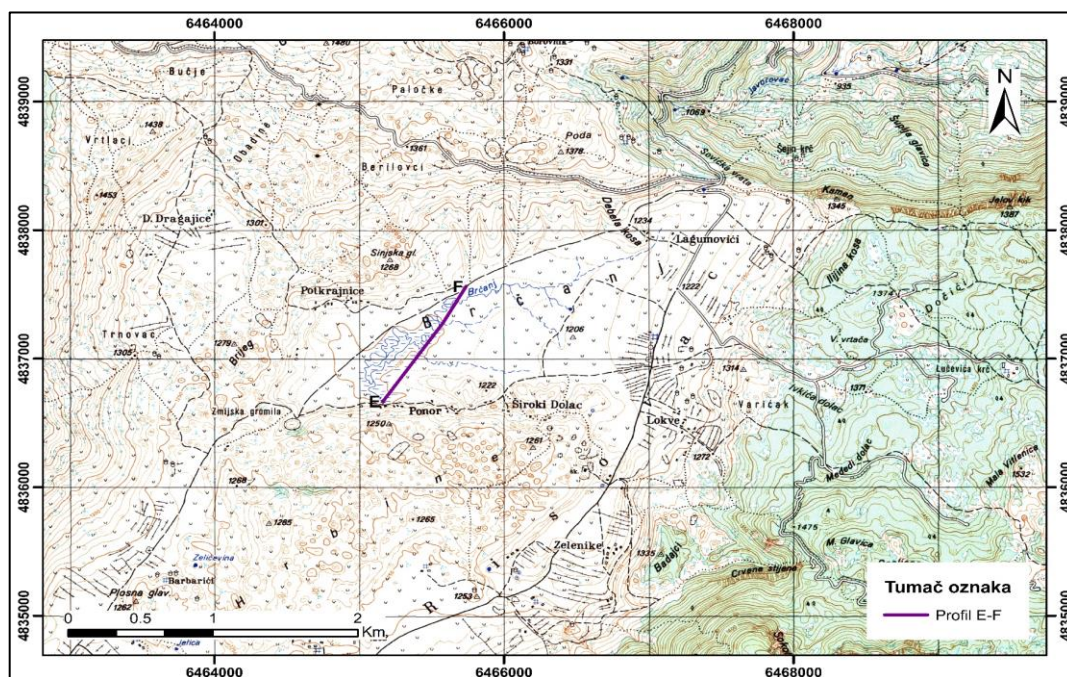
Slika 6.4. Hidrogeološki profil C-D

6.4. Brčanj

Vodotok Brčanj nalazi se na sjeveroistočnom dijelu Dugog polja na 1200 m n.m. (Slika 6.5.). Vodotok se prostire kroz istoimeno polje Brčanj na čijem jednom kraju vodotok izvire, a na drugom ponire. Najniži dio polja izgrađen je od močvarnog nanosa te predstavlja vododrživi, plavljeni dio polja.

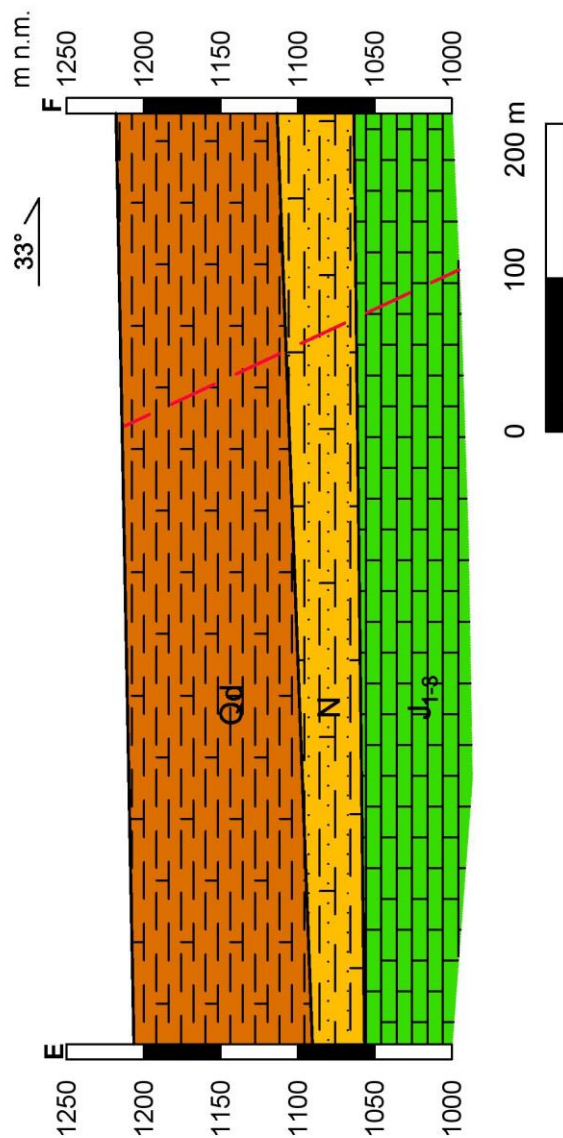
U najnižem dijelu nalazi se niz ponora, a najveći ponor je Mlinice s kapacitetom poniranja do 500 l/s (Marinčić i Karačić, 2005). Prema postojećim literaturnim zapisima protoci vodotoka Brčanj variraju u rasponu od 0,2 do 30 l/s. U jugozapadnom dijelu polja nalazi se zona ponora na kontaktu karbonatnih i neogenskih sedimenata u kojima nestaje vodotok Brčanj.

Analizom geološke građe područja te rezultata geofizičkih istraživanja izrađen je hidrogeološki profil E-F (slika 6.6.), a prostorni položaj je vidljiv na sljedećoj slici (slika 6.5.). U prvom najplićem sloju izdvojene su kvartarno deluvijalne naslage i neogenski laporoviti sedimenti (Q_d). Drugi sloj čine, neogenski laporovito-pjeskoviti sedimenti. U hidrogeološkom smislu slabo propusne naslage (N). Dobropropusne karbonatne stijene izdvojene su u trećem sloju (J₁₋₃).



Slika 6.5. Prostorni položaj profila E-F

HIDROGEOLOŠKI PROFIL E - F



Tumač oznaka

SIMBOL	OZNAKA	LITOLOŠKA SVOJSTVA	HIDROGEOLOŠKA SVOJSTVA
Q _d		Kvartarne deluvijalne naslage i neogenski laporoviti sedimenti (Q _d)	Promjenjivo propusno
N		Neogenski laporovito - pjeskoviti sedimenti (N)	Slabo propusno
J ₁₋₃		Jurski vapnenci i dolomiti (J ₁₋₃)	Dobro propusno

Ostale oznake:

	Rasjed - pretpostavljen
--	-------------------------

Slika 6.6. Hidrogeološki profil E-F

6.5. Hidrogeokemijske značajke

Na području istraživanja napravljena su „in situ“ mjerenja temperature, Eh i pH vrijednosti uređajem *HI98121 pH/ORP/Temperature Combo Tester* kako bi se utvrdilo područje stabilnosti voda u prirodi. Na dostupnim izvorima napravljena su „in situ“ mjerenja temperature, Eh i pH vrijednosti kako bi se odredilo područje stabilnosti vode u prirodnom stanju u odnosu na navedene parametre. Mjerenja su provedena 25. rujna 2017. godine u okolici jezera Blidinje na dva stalna izvora, u Masnoj luci na izvoru Jasle, te na vodotoku Brčanj u Rudom polju.

U okolici jezera Blidinje napravljena su „in situ“ mjerenja na dva stalna izvora Grkuš gornji i Grkuš donji. Izvor Grkuš gornji je kaptiran 90-tih godina. Nastao je na kontaktu fliša i eocenskih breča (slika 6.7.-6.8.). Danas se koristi za vodoopskrbu nekolicine kuća za odmor u blizini jezera Blidinje.



Slika 6.7. Izvor Grkuš gornji

Malo niže od izvora Grkuš gornji nalazi se primitivno kaptiran i zapušten izvor Grkuš donji, također na kontaktu fliša i eocenskih breča (slika 6.8.).



Slika 6.8. Izvor Grkuš donji

Na vodotoku Brčanj koji drenira kroz polje prema ponoru također su izvedena „in situ“ ispitivanja temperature Eh i Ph (slika 6.9.). Izmjerene vrijednosti temperature Eh i pH na vodotoku Brčanj prikazane su u Tablici 6.1.



Slika 6.9. Vodotok Brčanj drenira kroz polje (lijevo), „in situ“ mjerenje temperature, Ph, Eh vrijednosti (sredina), ponor (desno)

U Masnoj luci, u podnožju Čvrsnice, na izvoru Jasle (slika 6.10.) izmjerene su „in situ“ vrijednosti temperature Eh i pH. Vrelo Jasle se koristi se za vodoopskrbu Doma molitve i nekolicine kuća za odmor u samoj blizini izvora.



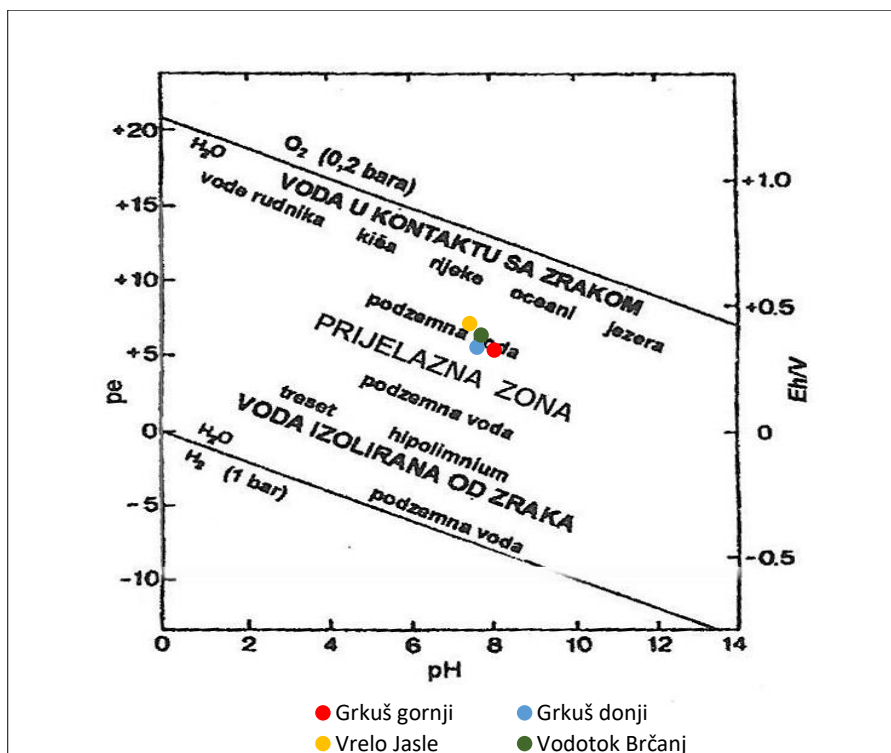
Slika 6.10. Izvor Jasle (lijevo) „in situ“ mjerenje temperature, Eh i pH vrijednosti na izvoru (desno)

Mjerenje pH podzemne vode je važno jer procesi u otopini ovise o pH: kompleksiranje, interakcija između vode i stijene, topljivost minerala i svojstva adsorpcije, topljivost plinova i biokemijske reakcije (Furač, 2017). Konstrukcijom Eh (pe)-pH dijagrama (Pourbaixovog dijagrama) (Halle, 2004) dobije se uvid u oksidacijsko-redukcijske uvjete koji će prevladavati (slika 6.11.), a dobiveni rezultati mjerenja prikazani su u Tablici 6.1.

Vrijednosti pH i Eh prikazane su kako bih se prikazala stabilnost vode u prirodi u ovisnosti o ova dva parametra. Iz dijagrama je vidljivo da se radi o prijelaznoj zoni, podzemnoj vodi u kojoj oksidacijski uvjeti dominiraju u odnosu na redukcijske uvjete. No, detaljnije i česte kontrole kvalitete vode su nužne jer se do sada nisu provodile redovito niti sustavno.

Tablica 6.1. Izmjerene vrijednosti temperature, Eh i pH

Naziv	pH	Eh (mV)	Temperatura [C°]
Grkuš gornji	8,02	128	9,3
Grkuš donji	7,60	139	7,7
Vrelo Jasle	7,42	233	6,6
Vodotok Brčanj	7,70	188	5,5



Slika 6.11. Pourbaixov dijagram stabilnosti vode (prema Halle, 2004)

6.6. Zaštita Parka prirode Blidinje

Park prirode Blidinje je osnovan 30 travnja 1995. godine čime je i pravno utvrđen povijesni, kulturni i geološki značaj područja. Zbog svojeg geografskog položaja te geomorfološke i hidrološke rijetkosti te povijesne baštine i sadržaja koji se nude Park prirode Blidinje ponovno oživljava i postaje zanimljivo turističko odredište za domaće i strane turiste, a samim time javlja se i potreba za pitkom vodom. Porastom zanimanja za Park prirode Blidinje povećava se i negativni antropogeni utjecaj na okoliš.

Na području Parka prirode Blidinje izgrađen je veliki broj vikendica, kuća za odmor i hotela koji nemaju riješenu vodoopskrbu niti kanalizaciju te se kao izvor zagađenja javljaju neadekvatno izrađene septičke jame. Vodoopskrba stambenih objekata se uglavnom vrši individualno, preko cisterni, a pojedini objekti su za ove potrebe kaptirali pojedine izvore. Ove kaptaze nemaju definirane zone zaštite, pa se njihova slivna područja ne kontroliraju niti štite od zagađivanja.

Također, veliki problem, stvara nekontrolirano iskapanje tla, stvaranje šljunčara koje postaju „pogodne“ lokacije za nekontrolirano odlaganje krutog otpada (slika 6.12.-6.13.).



Slika 6.12. Iskapanje šljunka u polju Brčanj



Slika 6.13. Iskapanje šljunka u blizini jezera Blidinje

Potrebno je uložiti velike napore u svrhu očuvanja hidroloških i hidrogeoloških značajki, budući da je područje Parka prirode Blidinje slivno područje niza izvorišta važnih za vodoopskrbu većeg broja stanovništva (poglavlje 4), a i ostalih bogatstava koje pruža Park prirode Blidinje.

7. ZAKLJUČAK

Cilj istraživanja ovog diplomskog rada bio je dati uvid u osnovne hidrogeološke značajke terena te izdvojiti hidrogeološki zanimljiva područja pogodna za budući zahvat vode. U tu svrhu provedena su terenska i kabinetska istraživanja područja. Na temelju istraživanja doneseni su sljedeći zaključci:

- Analizom svih dostupnih ranijih istraživanja na području Parka i šire, analizom Osnovne geološke karte te terenskim kartiranjem u GIS softveru izrađena je hidrogeološka karta Parka prirode Blidinje. Na karti su prikazane osnovne hidrogeološke pojave, a hidrogeološke jedinice izdvojene su na temelju njihove litološke građe, tipa i položaja u sklopu terena kojim je određena i njihova hidrogeološka funkcija, čime je dan uvid u osnovne hidrogeološke značajke terena. Vidljivo je da propusne naslage prekrivaju najveći dio Parka prirode Blidinje.
- Na temelju terenskog kartiranja i rezultata provedenih geoelektričnih mjerenja metodom sondiranja, izrađeni su hidrogeološki profili na dvije lokacije: jezero Blidinje i Brčanj. Na profilima kod jezera Blidinje kao propusne naslage izdvojeni su kredni vapnenci u podlozi do 250 m dubine, dok se na površini nalaze kvartarne deluvijalne naslage promjenjive propusnosti. Na profilu kod vodotoka Brčanj na površini su također izdvojene kvartarne deluvijalne naslage ispod kojih se nalaze nepropusne laporovito-pjeskovite naslage, zamišljene kako barijera potpunoj infiltraciji vode u dobropropusne vapnence jurske starosti. Ove dvije lokacije izdvajaju se kao potencijalno pogodne za budući zahvat vode
- Analizom podatka o oborinama i temperaturama na mjernoj postaji Blidinje utvrđeno je da prosječna godišnja količina oborina iznosi oko 1900 mm/god za razdoblje od 2008. do 2016. godine. Također je utvrđeno da količina oborina tijekom godine oscilira što uzrokuje i promjenu površine samog jezera Blidinje kojemu su oborine glavni izvor napajanja.

Prema rezultatima istraživanja utvrđeno je da područje obiluje oborinama koje se ne zadržavaju na površini nego se točkasto ili difuzno infiltriraju i napajaju podzemlje. Premda

na području Parka postoji niz stalnih i povremenih izvora, osim uz rubove, njihove izdašnosti su male i kao takve nisu dovoljne za sustav vodoopskrbe Parka. Vodoopskrba bi se, prema tome temeljila na zahvatima oborinske i podzemne vode na dvije predložene lokacije. Naravno uz odgovarajuću zaštitu, analizu stanja voda i ostalih bogatstava koje pruža Park prirode Blidinje.

8. LITERATURA

1. BOGNAR, A., ŠIMUNOVIĆ, V., (2005): Geomorfološke značajke Parka prirode Blidinje, u: I. međunarodni znanstveni simpozij: Blidinje 2005: zbornik radova (ur. Čolak, I.), Blidinje, 15. i 16. rujan 2005., PP Blidinje, str. 25-40.
2. BULJAN, R., ZELENKA, M., MESEC, J., (2005): Park prirode Blidinje, prikaz geološke građe i strukturno-tektonskih odnosa u: I. međunarodni znanstveni simpozij: Blidinje 2005: zbornik radova (ur. Čolak, I.), Blidinje, 15. i 16. rujan 2005., PP Blidinje, str. 11-24.
3. FURAČ, L., (2017): Predviđanje kemijskih vrsta kompjutorskim modeliranjem programskim paketom Visusal Minteqa, Interna skripta, Sveučilište u Zagrebu, Fakultet kemijskog inženjerstva i tehnologije, Zagreb.
4. GALIĆ, A.; PRSKALO, M.; MARINČIĆ, J., (2015): Geološke, hidrogeološke i geomehaničke značajke jugozapadnog ruba Parka prirode Blidinje, II. međunarodni znanstveni simpozij: Blidinje 2015: zbornik radova (ur. Čolak, I.), Mostar, str. 51-70.
5. HALLE, R., (2004): Kemizam i obradba vode. Zagreb: Udžbenici Sveučilišta u Zagrebu.
6. IVIČIĆ, D., BAHUN, S., BULJAN, R., BOŽIČEVIĆ, S., PAVIČIĆ, A., PAVIŠA, T., RENIĆ, A., (2000): Hidrogeologija i geomorfologija krša Vanjskih Dinarida, 2. hrvatski geološki kongres, Cavtat-Dubrovnik, 17. do 20. svibnja 2000, Vodič ekskurzija (ur. Vlahović, I i Biondić, R), Zagreb, Institut za geološka istraživanja, str. 55-92
7. JONHSON, L., E. (2009): Geographic Information Systems in Water Resources Engineering. USA: Taylor & Francis Group, LLC.
8. MARINČIĆ, J., KARAČIĆ, S., (2005): Speleološki objekti, izvori, vodotoci, jezera i ponori na širem području Parka prirode Blidinje, I. međunarodni znanstveni simpozij: Blidinje 2005: zbornik radova (ur. Čolak, I.), Blidinje, 15. i 16. rujan 2005., PP Blidinje, str. 121-132.

9. MARJANOVIĆ, P., PRSKALO, M., GALIĆ, A., (2005): Geološke, geomorfološke i geomehaničke odlike Parka prirode Blidinje, I. međunarodni znanstveni simpozij: Blidinje 2005: zbornik radova (ur. Čolak, I.), Blidinje, 15. i 16. rujan 2005., PP Blidinje, 41-73.
10. MATUS, M., (2015): Geografski informacijski sustavi i njihov značaj za turizam. Diplomski rad. Split: Ekonomski fakultet Split.
11. MILIĆEVIĆ, M., (2013): Geomorfološki tragovi pleistocenske glacijacije masiva Čvrsnice i hrpta Čabulje. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
12. MOJIČEVIĆ, M., LAUŠEVIĆ, M., (1973): Osnovna geološka karta SFRJ i Tumač osnovne geološke karte, M 1:100 000, List Mostar, Institut za geološka istraživanja, Sarajevo.
13. MUSA, S., (2005): Geomorfološke specifičnosti Parka prirode Blidinje: I. međunarodni znanstveni simpozij: Blidinje 2005: zbornik radova (ur. Čolak, I.), Blidinje, 15. i 16. rujan 2005., PP Blidinje, str. 93-119.
14. NEGOVEC, L., (2016): Uloga GIS-a u pripremi zaštite podzemnih voda u krškim vodonosnicima., Diplomski rad. Sveučilište u Zagrebu, Geotehnički fakultet, Varaždin
15. PAPEŠ, J., (1967): Osnovna geološka karta SFRJ i Tumač osnovne geološke karte, M 1:100 000, List Livno, Institut za geološka istraživanja, Sarajevo.
16. POSAVEC, K., VULETIĆ, G., BAČANI, A., (2006): Poluautomatizirani postupak izrade geoloških profila. Stručni rad, Rudarsko-geološko-naftni zbornik, Vol. 18 str. 75-79, Zagreb.
17. RAIĆ, V., AHAC, A., i PAPEŠ, J., (1968): Osnovna geološka karta SFRJ i Tumač osnovne geološke karte, M 1:100 000, List Imotski, Institut za geološka istraživanja, Sarajevo.

18. SLIŠKOVIĆ, I., (1995): Hidrogeologija Hercegovine i utjecaj akumulacija na režim izvora, I. hrvatska konferencija o vodama, zbornik radova, knjiga 2(ur. Gereš, D.), 24.-27. svibnja 1995, str. 41-51, Dubrovnik.
19. SLIŠKOVIĆ, I., ZELENKA, M., KOVAČ, LJ., (2005): Hidrogeologija Parka prirode Blidinje i zaštita voda, I. međunarodni znanstveni simpozij: Blidinje 2005: zbornik radova (ur. Čolak, I.), Blidinje, 15. i 16. rujana 2005., PP Blidinje, str. 71-90.
20. SLIŠKOVIĆ, I., (2014): Vode u kršu slivova Neretve i Cetine, Hrvatski geološki institut, Zagreb.
21. SLIŠKOVIĆ, I., TERZIĆ, J., BULJAN, R., MIKLIN, Ž., (2015): Pogrančne vode u dinarskom kršu Republike Hrvatske i Bosne i Hercegovine, I. kongres geologa u Bosni i Hercegovini s međunarodnim učešćem, zbornik radova, (ur. Skopljak, F.), str. 159-160, Fojnica.
22. SOFILJ, J., ŽIVANOVIĆ, M., PAMIĆ, J., (1971): Osnovna geološka karta i tumač Osnovne geološke karte, M 1:100 000, list Prozor, Institut za geološka istraživanja Sarajevo.
23. SOLDI, V., (2005): Istraživanje stanišnih uvjeta i ustanovljenje gospodarskih kapaciteta za uzgoj autohtonih vrsta divljači u Parku prirode Blidinje, I. međunarodni znanstveni simpozij: Blidinje 2005: zbornik radova (ur. Čolak, I.), Blidinje, 15. i 16. rujana 2005., PP Blidinje, str. 211-260.
24. ŠIMUNOVIĆ, V. i BOGNAR, A., (2005): Geomorfološke značajke Parka prirode Blidinje, I. međunarodni znanstveni simpozij: Blidinje 2005: zbornik radova (ur. Čolak, I.), Blidinje, 15. i 16. rujana 2005., PP Blidinje, str. 25-40.
25. Skupina autora, (2011): Plan upravljanja za Park prirode Blidinje, Zagreb/Mostar.
26. Skupina autora, (1990): Izvedbeni projekat zaštite Blidinje jezera, eksperimentalna dionica, Elektroprojekt, Sarajevo.

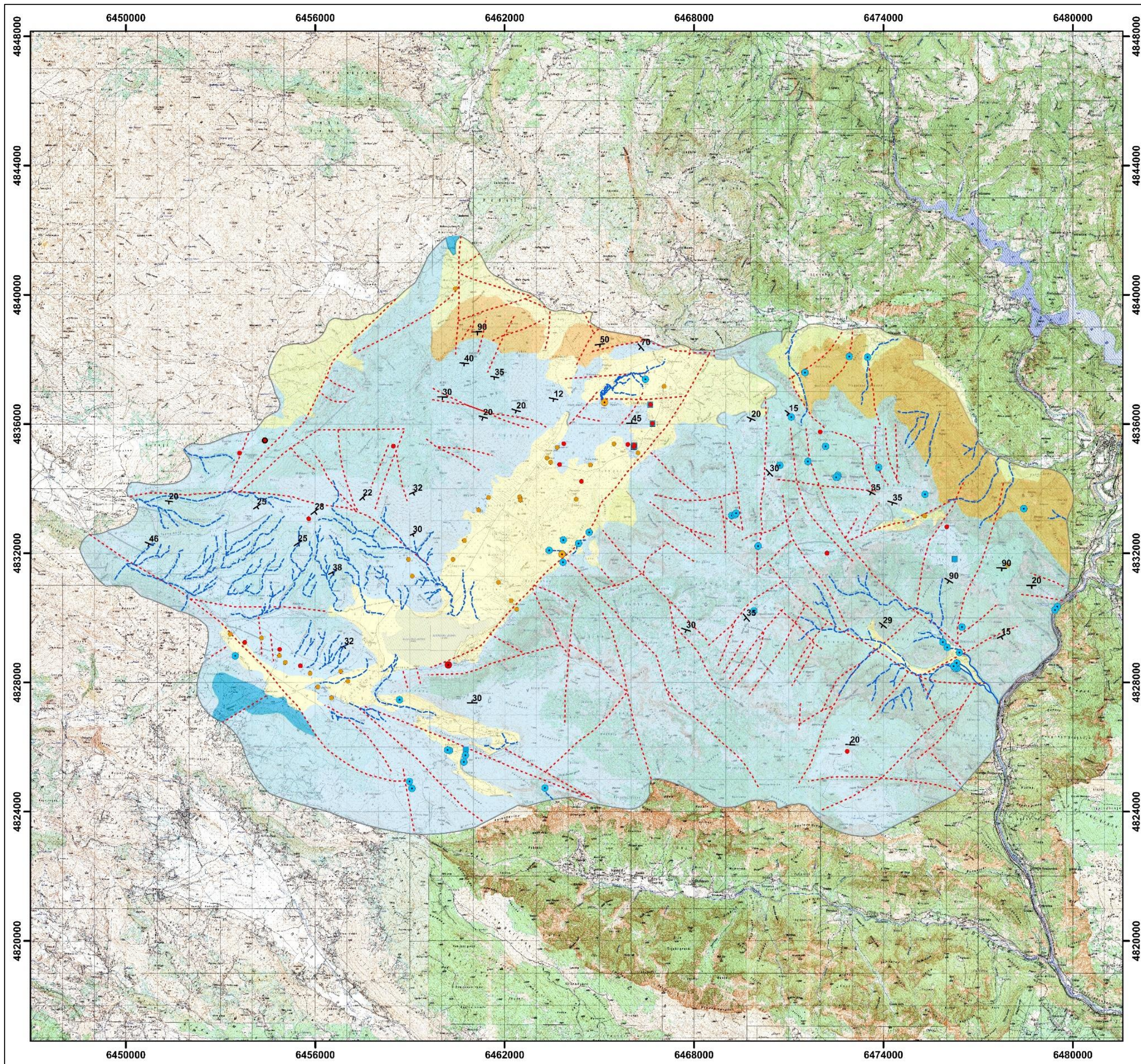
www izvori:

27. Nacrt Plana upravljanja vodnim područjima Jadranskog mora u Federaciji BiH, (2016), URL: <https://www.jadran.ba/index.php?mode=content&content=12> (30. 08. 2017).
28. Hanna Instruments, (2017), URL: <https://hannainst.com/hi98121-orp-ph-temperature-tester.html> , (20.6.2017; 22.10.2017).
29. ESRI, (2017), URL: <http://www.esri.com/arcgis/about-arcgis> (04.09.2017).
30. PRIOR, (2017), URL: <https://www.prior.hr/programi/autocad/> (13.09.2017).

PRILOG 1.

Hidrogeološka karta Parka prirode Blidinje

HIDROGEOLOŠKA KARTA PARKA PRIRODE BLIDINJE



Tumač oznaka

- Izvor
- Lokva
- Bunar
- Cisterna sa stalnom vodom
- Cisterna s povremenom vodom
- Ponor s povremenim poniranjem
- Ponor sa stalnim poniranjem
- Vodotok povremeni
- Vodotok stalni
- Rasjed pretpostavljen
- └ Položaj sloja

Hidrogeološka funkcija terena

- Propusno
- Dobro propusno
- Promjenjivo propusno
- Nepropusno

