Hidrogeološko istraživanje na području sliva Jalševec (jugoistočne padine Medvednice)

Bokunić, Daniela

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:169:987848

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

HIDROGEOLOŠKO ISTRAŽIVANJE NA PODRUČJU SLIVA JALŠEVEC (JUGOISTOČNE PADINE MEDVEDNICE)

Diplomski rad

Daniela Bokunić

GI – 108

Zagreb, 2016.

Sveučilište u Zagrebu **Diplomski rad**
Rudarsko – geološko – naftni fakultet

HIDROGEOLOŠKO ISTRAŽIVANJE NA PODRUČJU JALŠEVCA (JUGOISTOČNE PADINE MEDVEDNICE)

DANIELA BOKUNIĆ

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

Sažetak

U ovom diplomskom radu prikazani su rezultati geoloških i hidrogeoloških istraživanja na području gornjeg sliva potoka Jalševec. Područje istraživanja se nalazi na jugoistočnim padinama Medvednice u neogenskim naslagama. Prikupljeni su uzorci stijena za geološku interpretaciju. Mjerena je razina vode u lokalnim zdencima te pomoću njih približno određena dubina na kojoj se nalazi podzemna voda odnosno voda koja se procjeđivanjem zadržava pod površinom. Izrađena je karta ekvipotencijala za istražno područje pomoću programa Surfer te su svi podaci ucrtani u ArcGISu.

Ključne riječi: neogenske naslage, Jalševec, podzemna voda

Diplomski rad sadrži: 48 stranica, 27 slika, 15 tablica, 6 priloga i 52 reference

Jezik izvornika: hrvatski

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

Voditelj: **Doc. dr. sc. Željko Duić, RGNF**

Ocjenjivači: **Doc. dr. sc. Željko Duić, RGNF**
Prof. dr. sc. Davor Pavelić, RGNF
Doc. dr. sc. Dario Perković RGNF

Datum obrane: **19. veljače 2016.**

University of Zagreb
Faculty of Mining, Geology
and Petroleum Engineering

Master Thesis

HYDROGEOLOGICAL STUDY OF THE JALŠEVEC CREEK AREA (SOUTHEASTERN SLOPES OF THE MT. MEDVEDNICA)

DANIELA BOKUNIĆ

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

Abstract

This thesis presents the results of geological and hydrogeological studies in the upper basin area of Jalševec creek. The research area is located on the south-eastern slopes of Mt. Medvednica within the Neogene sedimentary rocks. Samples of rocks have been collected for geological interpretation. The water level was measured in local wells and used to determine the depth of ground water and seepage water retained under the surface. The purpose of the research was to determine whether at the studied locality could be appropriate for drilling the well. A map of the equipotencial lines was made for the exploration area using Surfer and all data are plotted in ArcGIS.

Keywords: **Neogene sedimentary rocks, Jalševec, ground water**
Thesis contains: **48 pages, 27 figures, 15 tables, 6 enclosures and 52 references.**
Original in: **Croatian**

Thesis deposited in: **Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, Zagreb**

Supervisor: **PhD Željko Duić, Assistant Professor, RGNF**

Reviewers: **PhD Željko Duić, Assistant Professor, RGNF**
PhD Davor Pavelić, Professor, RGNF
PhD Dario Perković, Assistant Professor, RGNF

Date of defense: **February 19th, 2016.**

Sadržaj

1. Uvod 1
2. Pregled dosadašnjih istraživanja 3
3. Geografske značajke šireg područja istraživanja 5
4. Klimatološke značajke šireg područja istraživanja 6
5. Geološke značajke 10
5.1. Baden 11
5.2. Sarmat 14
5.3. Panon 16
5.4. Pont 17
5.5. Faze oblikovanja 20
6. Metode terenskih mjerenja 22
6.1. Geološka terenska mjerenja 22
6.2. Hidrološka terenska mjerenja 22
6.3. Hidrogeološka terenska mjerenja 25
7. Zaključak 42
8. Literatura 43

Popis slika

Slika 3.1. Geografski položaj područja istraživanja (preuzeto sa Google Earth 2015.) 5

Slika 4.1. Srednja godišnja temperatura zraka (Prostorni plan Parka prirode Medvednica, 2014.) 6

Slika 4.2. Godišnji hod srednje (t), srednje minimalne (t_{min}) i maksimalne (t_{max}) i apsolutne minimalne (T_{min}) i maksimalne (T_{max}) temperature zraka (lijevo) i godišnji hod srednjeg broja ledenih ($t_{min} \leq 10°C$), studenih ($t_{maks} < 0°C$), hladnih ($t_{min} < 0°C$), toplih ($t_{maks} \geq 25°C$), vrućih dana ($t_{maks} \geq 30°C$) te toplih noći ($t_{min} \geq 20°C$) (desno) (Klimatskog atlas Hrvatske, 2008) 7

Slika 4.3. Srednja godišnja količina oborina (Prostorni plan Parka prirode Medvednica, 2014.) 8

Slika 5.1. Geološka karta istraživanog područja, dio lista Ivanić (BASCH, O.: Osnovna geološka karta SFRJ, List Ivanić-Grad 1:100,000 L 33-81, Redakcija i izdanje Saveznog geološkog zavoda Beograd 1981.) 10

Slika 5.2. Shematski geološki stup s fotografijama stijena u području Medvednice od trijasa do donjeg ponta (Malvić, 2006.) 19

Slika 6.1. Skica tlocrta i poprečnog profila 23

Slika 6.2. Skica metode posude 23

Slika 6.3. Mjerenje razine vode kod zdenca 24

Slika 6.4. Mjerenje razine vode u zdencu 1 pomoću koluta 24

Slika 6.5. Potočić koji kreće od kaptiranog izvora i mjerenje protoka u zdencu pomoću koluta 24

Slika 6.6. Potočići koji se spajaju u jedan veći te mjerenje protoka 2 27

Slika 6.7. Položaj zdenca 2 28

Slika 6.8. Zdenac 3 u Furdinima 29

Slika 6.9. Potok Jalševec 30

Slika 6.10. Zdenac 4 u šumi i građa zdenca 31

Slika 6.11. Zdenac 5 u Ćukima 32

Slika 6.12. Kaptirani izvor 2 u Svibovcima 33

Slika 6.13. Otjecanje podno kaptiranog izvora Svibovci 33

Slika 6.14. Zdenac 6 34

Slika 6.15. Mjerenje protoka 4 u gornjem dijelu potoka Jalševec 35

Slika 6.16. Potok Jalševec i materijal u njemu 35

Slika 6.17. Izvor 3 Koritača 36

Slika 6.18. Zdenac 7 37

Slika 6.19. Zdenac 8 i građa zdenca 38

Slika 6.20. Zdenac 9 i građa zdenca 39

Slika 6.21. Zdenac 10 40

Slika 6.22. Karta ekvipotencijala za srednje vode na dan 19.12.2014 41

Popis tablica

Tablica 6.1. Razine vode u zdencu 1 25
Tablica 6.2. Vrijednosti za protok 1 26
Tablica 6.3. Vrijednosti za protok 2 27
Tablica 6.4. Razine vode u zdencu 2 28
Tablica 6.5. Razine vode u zdencu 3 29
Tablica 6.6. Vrijednosti za protok 3 30
Tablica 6.7. Razine vode u zdencu 4 31
Tablica 6.8. Razine vode u zdencu 5 32
Tablica 6.9. Razine vode u zdencu 6 34
Tablica 6.10. Vrijednosti za protok 4 35
Tablica 6.11. Vrijednosti kapaciteta izvora 3 36
Tablica 6.12. Razine vode u zdencu 7 37
Tablica 6.13. Razine vode u zdencu 8 38
Tablica 6.14. Razine vode u zdencu 9 39
Tablica 6.15. Razine vode u zdencu 10 40

Popis priloga

Prilog 1. Karta ekvipotencijala za niske razine vode na dan 17.3.2015

Prilog 2. Karta ekvipotencijala za srednje razine vode na dan 19.12.2014

Prilog 3. Karta ekvipotencijala za visoke razine vode na dan 17.2.2014

Prilog 4. Geološke točke na topografskoj podlozi

Prilog 5. Geološka karta istražnog terena (preuzeta iz Geološkog vodiča)
s točkama iz terenskog dnevnika

Prilog 6. Terenski dnevnik

Popis korištenih oznaka

Veličina i svojstvo	Simbol	Osnovna jedinica
protok, kapacitet izvora	Q	m^3/s [l/s]
površina protjecajnog profila	A	m^2
Darcyeva brzina	v	m/s
hidraulička vodljivost	K	m/s
duljina	l	m
visina, potencijal	h	m
gradijent	i	bezdimenzionalan
vrijeme	t	s
put plovka	s	m
brzina protjecanja	v	m/s
volumen	V	m^3 [l]
srednja dubina vodotoka	d	m
srednja širina vodotoka	b	m

1. Uvod

Ovaj rad opisuje neogenske naslage jugoistočnih padina Medvednice gornjeg sliva potoka Jalševec sa svrhom određivanja dubine podzemne vode na području užeg naselja Ćuki. Šire područje naselja Ćuki, odnosno gornji tok potoka Jalševec kao područje istraživanja ukupne je površine 8,5 km^2. Metode istraživanja primijenjene u ovom diplomskom radu prilagođene su dostupnim postojećim podacima i mogućnostima primjene odgovarajućih istraživačkih radova i tehnika analize. Ulazni podaci za izradu ovog rada dobiveni su hidrogeološkim istraživačkim radovima na području sliva Jalševec koji su se odvijali od listopada 2014. do travnja 2015. godine.

Korišteni su već postojeći podaci i karte istraživanog područja: Topografska karta (M 1: 5000), Topografska karta Medvednice (karta smještaja geoloških postaja na Medvednici – M 1: 62.500), Geološka karta Medvednice (prema OGK M 1:100.000 => M 1: 62.500), satelitske snimke (Googl Earth i Geoportal preglednik).

Geološkim kartiranjem izradila se geološka karta istraživanog lokalnog područja što je uključilo obilaženje terena, uzimanje uzoraka na izdancima stijena, zasjecima i usjecima, mjerenje strukturno – tektonskih elemenata, opisivanje i fotografiranje pojedine točke na terenu – određivanje stratigrafske pripadnosti stijene (starost, mineralni sastav), određivanje položaja slojeva (pružanje sloja, smjer i kut nagiba sloja).

Hidrogeološkim i hidrološkim promatranjem terena pronalazili su se izvori, zdenci i vodotoci (hidrografska mreža) i ucrtavali na topografsku kartu. Mjerile su se razine vode u zdencima, protoci vodotoka te kapaciteti izvora. Praćenjem morfologije promatrao se reljef u svrhu određivanja slivnog područja odnosno morfološke vododjelnice iscrtane na temelju topografske karte, vododerina, padina, udolina i vodotoka.

Sa svake točke sa izdankom uzet je uzorak. Uzorci su obilježavani i sortirani. Petrološko i mineraloško određivanje stijena uključilo je određivanje mineralnoga sastava, strukture i teksture, poroznosti te petrografskih svojstva stijene nakon čega se determinirala stijena. Determinirani su fosili u uzorku stijene te je procjenjivana približna starost stijene.

Na kraju je napravljena sinteza svih postojećih podataka te se rekonstruirala geološka karta na topografskoj osnovi. Geološka karta istraživanog područja izrađena je u mjerilu M 1:5000. Na temelju poznavanja litologije i stratigrafije na geološkoj karti su ograničene geološke cjeline te su pripadajućom bojom i oznakom označene njihove stratigrafske pripadnosti. Geološka karta osim navedenog sadrži i topografske oznake te legendu koja opisuje sve pojave na karti.

Pribor koji je korišten na terenu uključio je geološki kompas pomoću kojeg je određivana orijentacija na terenu, smjer, pružanje i kut nagiba slojeva, geološki čekić pomoću kojeg su uzimani uzorci, lupu za određivanje mineralnog sastava, strukture i pojave fosila, mjernu posudu poznatog volumena za računanje izdašnosti izvora, mjerni metar za mjerenje dimenzija izdanaka, slojeva, vodotoka i zdenaca, mjerno uže sa čvorovima u intervalu od 1 m za mjerenje razine podzemne vode u zdencima, uteg za kraj užeta, zaporni sat za mjerenje vremena kod računanja protoka, fotoaparat za slikanje na mjernim točkama te ostali pomoćni pribor (nožić, rukavice, plovak, vrećice za uzorke stijena, pribor za pisanje i skiciranje, ruksak, kabanica i mobilni uređaj).

2. Pregled dosadašnjih istraživanja

Istraživanje stijena i fosila Medvednice teklo je kontinuirano, a razlikovalo se po broju istraživača, dostupnosti izdanaka i primjeni metoda. Objavljeno je više radova o tercijaru i tercijarnim fosilima jugoistočnog pobočja Medvednice (VUKOTINOVIĆ, 1855, 1870, 1873). Prvi važniji zapis iz područja Medvednice u izvješćima sjednica Geološkog instituta u Beču (VUKOTINOVIĆ, 1855) odnosio se na naslage mlađeg tercijara kod Podsuseda i fosile u njima. Sustavno geološko istraživanje Medvednice počelo je regionalnim, geološkim rasčlanjenjem gore kao cjeline te prvom (shematiziranom) geološkom kartom cijelog područja Medvednice (VUKOTINOVIĆ, 1859). Fosilna flora i fauna susedskih lapora (VUKOTINOVIĆ, 1870), ocijenjena je vrijednom za opću izobrazbu.

Zanimljiva je i zbirka fosilnih biljnih ostataka kod Sv. Nedjelje, a dio biljaka skupljen je kod Gračana, Čučerja i Planine (HERAK, 2006). Opisan je velik broj novih vrsta i rodova, te se pokušalo odrediti i njihovo paleoekološko i biostratigrafsko značenje. Ustanovljeno da je kopneno bilje nastanjivalo različite okoliše, od priobalja do izdignutih dijelova otoka. Medvednica je kao otok u miocenu bila dosta visoka, te su joj vrhunci bili obrasli četinjačama, bukvom, hrastom, brezom, a na obali mora bujale su vrste rodova *Ficus, Cinnamomum* i *Laurus* (HERAK, 2006). Otkrivena je mogućnost vertikalne (vremenske) podjele fosilnih nalaza, pa se po starosnom slijedu razlikuje flora „prijelaznih naslaga“, „sarmata“ i „bijelih lapora“ (PILAR, 1877). Od tercijarnih naslaga velika pozornost posvećuje se litotamnijskom vapnencu (litavcu) koji je pretežno izgrađen od crvenih alga (litotamnija), ali ima i mekušaca i ježinaca (PILAR, 1883). Opisane su sarmatske naslage, osobito laporoviti vapnenci i laporoviti škriljavci sa školjkašima, ali i ostacima močvarnog i kopnenog bilja, kojih je dotada skupljeno više od 200 vrsta (PILAR, 1883). Spominju se i mlađe paludinske gline (nazvane po fosilnom pužu Paludina), karakteristične za Panonski bazen.

Istražene su petrografija i mineralogija Medvednice (KIŠPATIĆ, 1901, 1918). Dotaknuti su i glavni geološki problemi (PILAR, 1881, KIŠPATIĆ, 1899). Velik doprinos istraživanju Medvednice dala je pregledna geološka karta „zagrebačke zone“ – prva pregledna karta Medvednice na podlozi topografske karte 1:75.000 s odgovarajućom petrografskom građom koja nije objavljivana (GORJANOVIĆ – KRAMBERGER, 1908).

U raspravama o tercijarnim ribama u Hrvatskoj (GORJANOVIĆ – KRAMBERGER, 1882.), spomenute su i neke fosilne ribe iz Dolja. Kasnije su dani potpuniji podaci o nalazištima i prikupljenim oblicima (GORJANOVIĆ – KRAMBERGER, 1891). Spominju se Brežane nad Gornjim Vrapčem gdje su, u kamenolomu srednjomiocenskog vapnenca upotrebljenog za gradnju zagrebačke katedrale, nađeni riblji zubi, koji pripadaju oblicima *Chrysophrys, Aëtobitis,*

Hemipristis serra i dr. Mogu se spomenuti i zubi morskih pasa (*Lamna, Carcharodon*) koji su se pronalazili i kasnije. U sarmatskim naslagama kod Dolja i Podsuseda pronađene su ribe (GORJANOVIĆ – KRAMBERGER, 1884) npr. *Scomber sarmaticus, Blennius fossilis* i srodnik današnje srdelice *Clupea doljeana*. Istraživanje mekušaca rezultiralo je jednom od najbogatijih paleontoloških zbirki Hrvatskog narodnog muzeja (BRUSINA, 1874).

U posebnom prikazu fosilnih rilaša (GORJANOVIĆ – KRAMBERGER, 1912.) spominje se zanimljiv nalaz kod Brdovca kraj Marije Gorice, zapadno od Medvednice. Radi se o rodu *Dinotherium*, koji u Hrvatskoj prije nije bio poznat. Smatra se da su naslage pontske starosti (mlađi neogen). Ostaci su sačuvani u laporima, smještenima u udubinu litavca, pa se smatra da je u vrijeme taloženja fosilifernih naslaga područje Marije Gorice bilo kopno. Spominju se i prva istraživanja kremičnih alga, dijatomeja (*Diatomeae*, odnosno *Baccilariophyta*) i to u sarmatskim bituminoznim škriljavcima kod Dolja u blizini Podsuseda (GORJANOVIĆ – KRAMBERGER, 1917). Vidljiviji tragovi u geološkoj interpretaciji učinjeni su rezultatima istraživanja dijatomeja „sarmatskog mora okolice Zagreba“ (JURILJ, 1957). Zatim su počela šira istraživanja u području tvornice cementa blizu Podsuseda (brdo Goljak) te Dolje i Bizek (HERAK, 2006).

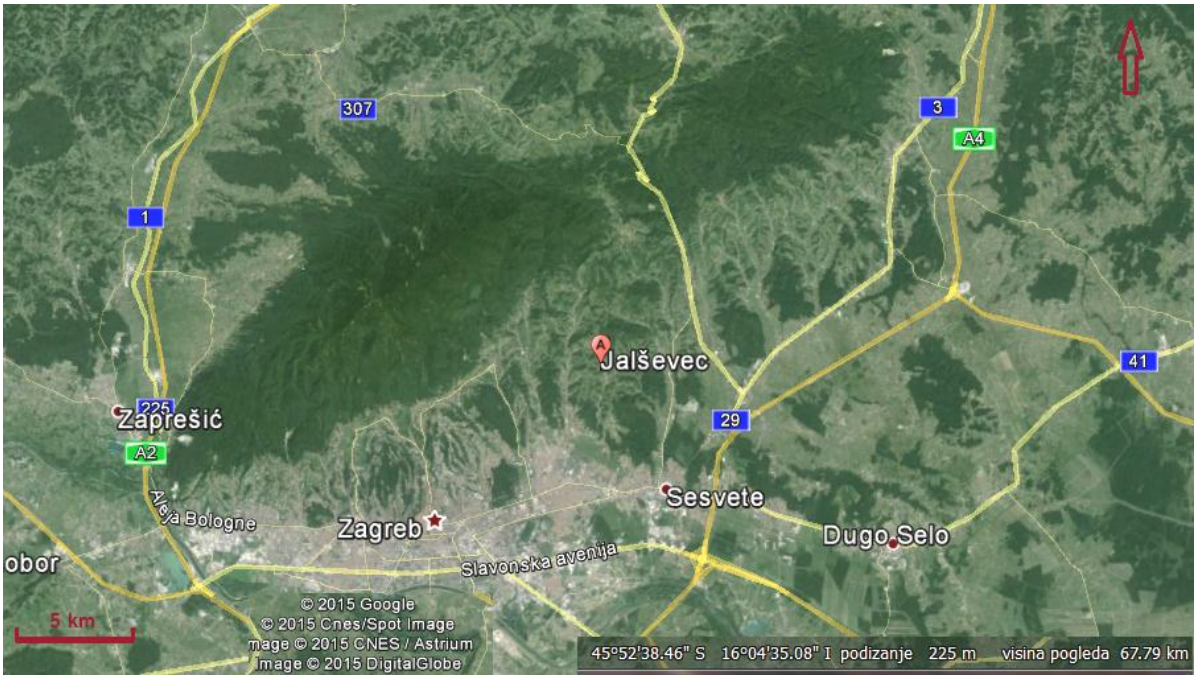
Modernizacijom prirodoslovnog studija na Sveučilištu u Zagrebu, uvedeno je terensko istraživanje: prikupljani su uzorci stijena i fosila te je izrađena geološka karta istraživanog područja (HERAK, 2006). Zanimljivi su bili pojedini rezultati istraživanja Medvednice (NEDĚLA DEVIDÉ, 1954, 1956) koji su doprinjeli temeljitoj raščlambi sedimenata različitih okoliša, od kopna, preko priobalja i plitkog mora do otvorenog mora i oceana.

Spomenuta su neotektonska kretanja u području između Orlovice, Samoborske gore i Medvednice (PRELOGOVIĆ, 1970) te je objavljena neotektonska karta tada SR Hrvatske (PRELOGOVIĆ, 1975). Opisane su petrografske karakteristike lapora okolice Podsuseda na jugozapadnim obroncima Medvednice (BALEN, TIŠLJAR i MAJER, 1975). Kod Markuševca kod Zagreba otkrivena je pretaložena tortonska i sarmatska foraminiferska fauna (BAJRAKTAREVIĆ, 1976). Izrađena je osnovna geološka karta list Ivanić – Grad 1:100.000 i njegov pripadajući tumač (BASCH, 1983). Spominju se *Molluscae, Lamellibranchiatae* pontskog kata u Hrvatskoj (BASCH, 1990, BASCH & ŽAGAR – SAKAČ, 1992). Prikazana je stratigrafska raznovrsnost stijena u strukturnoj građi Medvednice putem odabranih izdanaka, profila i drugih geoloških objekata u vidu postaja i trasa te je dana pregledna geološka karta (ŠIKIĆ, 1995, BASCH, 1995). Analizom facijesa srednjeg miocena jugoistočnog dijela Medvednice prikazani su rezultati geoloških istraživanja s težištem na litofacijesnim karakteristikama karpatskih i badenskih naslaga te u manjoj mjeri podinskih otnanških i krovinskih sarmatskih sedimenata (AVANIĆ, 1997). Piše se o strukturnim značajkama Medvednice (TOMLJENOVIĆ, 2002) te spominje rotacija tektonskog bloka Medvednice, najvjerojatnije za vrijeme oligocena – donjeg miocena (TOMLJENOVIĆ i dr., 2008).

3. Geografske značajke šireg područja istraživanja

Područje istraživanja (Slika 3.1.) obuhvaća gornji dio sliva potoka Jalševec ukupne površine oko 3,5 km^2. Nalazi se na mjestu na kojem zagrebačka nizina postupno prelazi u gorje Medvednice, na visini između 500 i 200 metara nad morem.

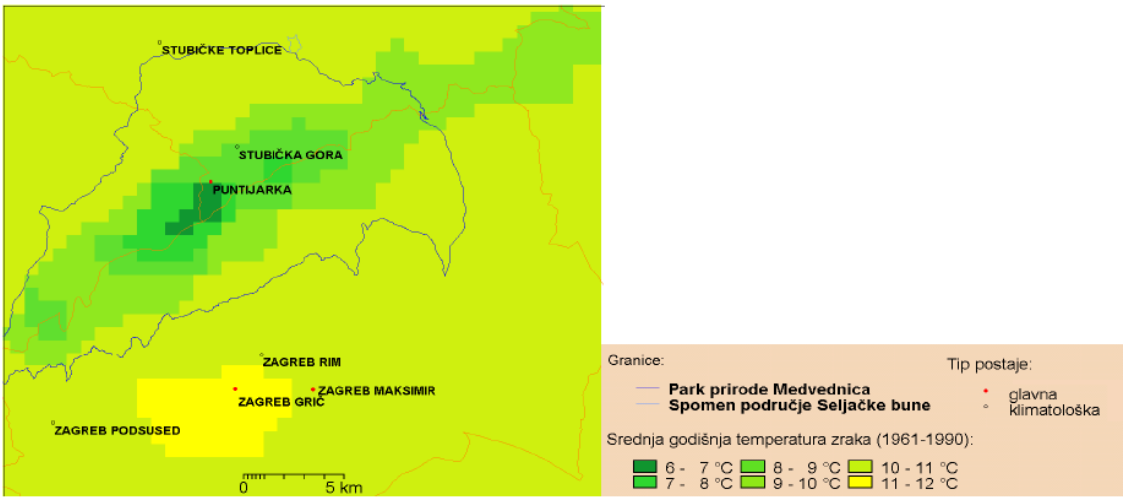
Sliv potoka Jalševec je dio sliva rijeke Save. Najviši vrh iznad sliva je vrh Rog sa 742 m n.m. na sjeveroistočnom dijelu Medvednice. Smjer površinske, a time i podzemne vode je generalno prema jugu, jugoistoku sve do Save. Potok Jalševec počinje na izvoru Koritača, dopunjuje se izvorom Svibovci te drugim manjim izvorima poput izvora Furdini. Potok Jalševec spaja se, južno od ulice Novoselečki put, sa potokom Čučerje u potok Rijeku koja se ulijeva u Sopnicu te potom u gradski kanal kolektor koji se ispušta u Savu. Površina sliva rijeke Save je 95.720 km^2.



Slika 3.1. Geografski položaj područja istraživanja (preuzeto sa Google Earth 2015.)

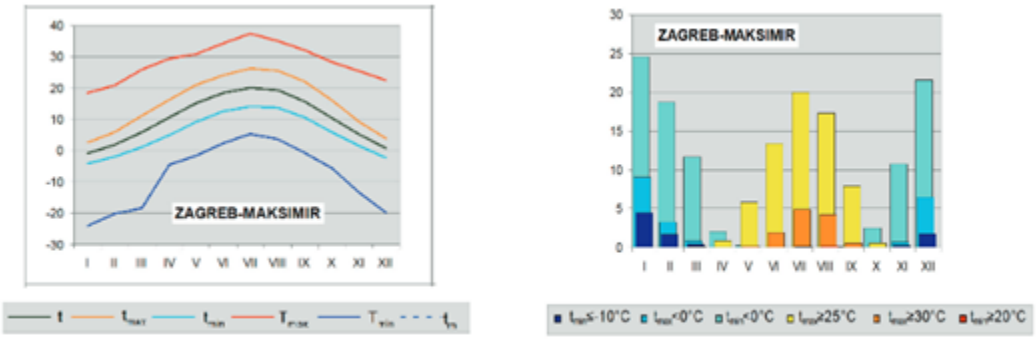
4. Klimatološke značajke šireg područja istraživanja

Područje Medvednice nalazi se u temperaturnoj zoni u kojoj se temperatura zraka smanjuje za 0,5°C na svakih 100 metara. Srednje godišnje temperature zraka (Slika 4.1.) kreću se između 6,2°C na Puntijarki do 11,4°C na postaji Zagreb Grič. Analizom je ustanovljeno da bazni potencijal temperature (temp. koju bi zrak imao na nadmorskoj visini 0 m) na sjevernoj strani Medvednice iznosi 11,3°C, a na južnoj strani 11,7°C, što je odraz urbanizacije i toplinskog otoka grada.



Slika 4.1. Srednja godišnja temperatura zraka (Prostorni plan Parka prirode Medvednica, 2014)

Najhladniji mjesec je siječanj, kada je srednja mjesečna temperatura zraka - 3,1°C na Puntijarki (988 m n.v.). Najtopliji mjesec je srpanj, s temperaturom 15,2°C. Karakterističnost oštrih zima određena je brojem ledenih dana (dnevna minimalna temperatura ≤ -10°C). Prema temperaturnim karakteristikama najviše ledenih dana u godini (u prosjeku 15) ima na Puntijarki. Studeni dani se javljaju od studenog do ožujka, odnosno travnja. Ljetni se period najčešće analizira statistikom broja dana s pojavom srednje dnevne temperature ≥ 25°C (topli dani), dana s maksimalnom temperaturom zraka ≥ 30°C (vrući dani) kao i dana s minimalnom temperaturom ≥ 20°C (dan s toplom noći) (Slika 4.2.). U prosjeku se 5 toplih dana godišnje pojavljuje u srpnju i kolovozu, a vrlo rijetko i u lipnju, odnosno rujnu. Spuštujući se na manje visine broj toplih dana raste. Dani s toplom noći se javljaju najčešće u razdoblju od lipnja do kolovoza (PROSTORNI PLAN PARKA PRIRODE MEDVEDNICA, 2014).

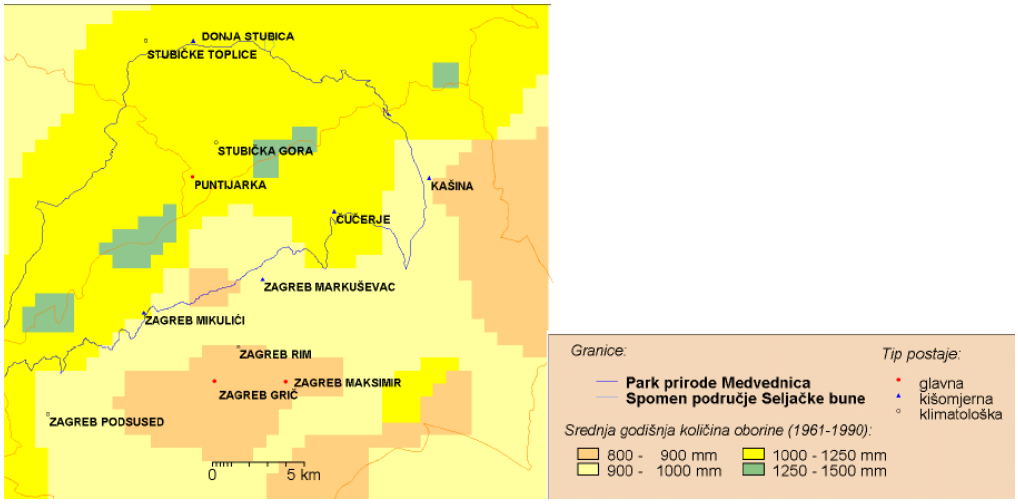


Slika 4.2. Godišnji hod srednje (t), srednje minimalne (t_{min}) i maksimalne (t_{max}) i apsolutne minimalne (T_{min}) i maksimalne (T_{max}) temperature zraka (lijevo) i godišnji hod srednjeg broja ledenih ($t_{min} \leq 10°C$), studenih ($t_{maks} < 0°C$), hladnih ($t_{min} < 0°C$), toplih ($t_{maks} \geq 25°C$), vrućih dana ($t_{maks} \geq 30°C$) te toplih noći ($t_{min} \geq 20°C$) (desno) (Klimatskog atlas Hrvatske, 2008)

U sjeverozapadnoj Hrvatskoj najveće su količine oborine. Srednja godišnja količina oborina na području Medvednice iznosi od 1000 do 1500 mm (Slika 4.3.), a za Zagreb iznosi 844 mm (ZAVOD ZA PROSTORNO UREĐENJE GRADA ZAGREBA, 2008). Dok na navjetrinskim stranama gorja za kišonosnu struju, koja u sjevernim krajevima Hrvatske pretežito dolazi sa sjeverozapada, dolazi do orografske intenzifikacije oborine s visinom, u zavjetrinskoj strani javlja se oborinska sjena. To je prisutno u istočnom dijelu grada Zagreba, gdje Medvednica djeluje kao prepreka za sjeverozapadne kišonosne prodore (ZANINOVIĆ, 2008).

Prema karakteristikama godišnjeg hoda oborine Medvednica ima obilježja kontinentalnog oborinskog režima s maksimumom oborine u toplom dijelu godine (IV – IX mjesec). Mjesečne količine oborine najveće su na vršnom području Medvednice. Maksimalne mjesečne količine oborine na vršnom području i na sjevernom području Medvednice izmjerene su u srpnju (Puntijarka – 323 mm). Na području Medvednice prosječni godišnji broj oborinskih dana u kojima padne bar 0.1 mm oborine najveći je na njezinom najvišem dijelu i opada prema sjevernim i južnim obroncima. Uz granicu Parka ima oko 120 dana s oborinom (33%). U južnom dijelu može se godišnje očekivati od 116 do 123 dana s oborinom ≥ 0.1 mm (32 – 34%) (PROSTORNI PLAN PARKA PRIRODE MEDVEDNICA, 2014).

Snježne prilike Medvednice izrazito su modificirane orografijom planine. O makro vremenskoj situaciji ovisi pala količina snijega, a smjer pružanja planine i njezina visina uvjetuju njezinu prostornu raspodjelu. Srednji godišnji broj dana s padanjem snijega na visinama Medvednice od 200 – 250 m iznosi oko 20 dana. Tijekom godine snijeg najčešće pada u siječnju i veljači na cijelom području Medvednice. Na rubnim nižim visinama Parka kao i na gradskim lokacijama snijeg se zadržava na tlu u oko 9 – 13% dana u godini (PROSTORNI PLAN PARKA PRIRODE MEDVEDNICA, 2014).



4.3. Srednja godišnja količina oborina (Prostorni plan Parka prirode Medvednica, 2014)

Najpoznatija i najprihvaćenija mjera vlage je relativna vlažnost koja pokazuje stupanj zasićenosti zraka vodenom parom. Iz godišnjeg hoda relativne vlažnosti zraka može se vidjeti da je ona najviša u hladnom dijelu godine. Obično su najveće vrijednosti u prosincu nakon čega vlažnost zraka postepeno pada sve do travnja kada uglavnom doseže minimum. Relativna vlažnost je u pravilu veća na postajama s većom nadmorskom visinom zbog nižih temperatura ali i bujne vegetacije. Apsolutni minimumi relativne vlažnosti zraka odnose se na najnižu terminsku vrijednost i kreću se od 10% na Puntijarki do 22% u Zagreb Podsusedu, a zabilježene su u razdoblju od travnja do studenog. Maksimalni broj dana s relativnom vlažnošću zraka ≤ 30% u analiziranom tridesetogodišnjem razdoblju bio je između 6 (Puntijarka i Zagreb Podsused) i 31 dan (Zagreb Grič). Broj dana s relativnom vlažnošću zraka ≥ 80% prilično je velik. On je najveći na Puntijarki (158 dana godišnje) i smanjuje se smanjenjem nadmorske visine. Na južnoj strani Parka na postaji Zagreb Grič prosječno ima 67 dana s relativnom vlažnošću zraka ≥ 80% do 140 dana u Zagreb – Podsusedu (PROSTORNI PLAN PARKA PRIRODE MEDVEDNICA, 2014).

Orografska prepreka Medvednica modificira osnovno strujanje. Dominantni vjetrovi su sjevernjak i sjeveroistočnjak. Zapaža se da je broj tišina relativno veliki. Ostali smjerovi su gotovo podjednako zastupljeni, osim sjeverozapadnjaka koji ima najmanju relativnu čestinu. U jesen i zimi pojavljuje se veća učestalost tišina što je povezano i sa stacionarnim anticiklonalnim tipom vremena. U hladnom dijelu godine javljaju se i prodori hladnog zraka sa sjevera i sjeveroistoka te je u takvim vremenskim situacijama moguć jak pa čak i olujan sjeverni - sjeveroistočni vjetar. U toplom dijelu godine za vrijeme vedrih i neporemećenih dana pojavljuje se i cirkulacija obronka. Danju se topli zrak diže uz obronke Medvednice, a noću spušta niz Medvednicu. Zbog toga se ljeti i u jesen javlja najveća učestalost sjevernog vjetra u odnosu na ostala godišnja doba. U godišnjoj

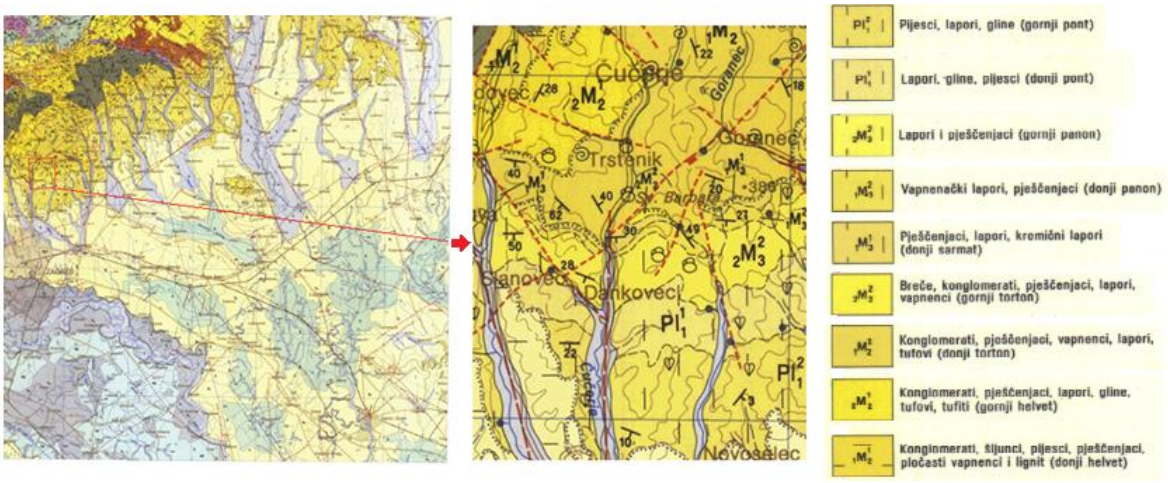
ruži vjetra uočavaju se razlike u učestalosti pojedinih klasa jačine vjetra te se zapaža velika učestalost jakog vjetra (≥ 6 Bf) od smjera juga preko smjera zapada do smjera sjevera. Razdioba jačine vjetra bez obzira na smjer vjetra pokazuje da je vjetar u 61,1% slučajeva jačine od 1 Bf do 3 Bf. Tišina je rijetka pojava, a strujanje na Medvednici jako ovisi o godišnjem dobu. Zimi je dominantan vjetar iz smjera zapada, u proljeće iz smjera sjevera, ljeti su podjednako zastupljeni sjeverni i južni smjerovi, a u jesen prevladavajući smjer je južni. Jak vjetar najčešće se javlja zimi, a olujan vjetar (≥ 8 Bf) je vrlo rijedak. U najvećem broju slučajeva na području Parka prirode Medvednica prevladavaju vrlo slabi vjetrovi (1–3 Bf). U određenim vremenskim situacijama može se pojaviti jak ili olujan vjetar – u hladnom dijelu povezan je s prodorima hladnog zraka sa sjevera ili sjeveroistoka, a ljeti s olujnim nevremenima (PROSTORNI PLAN PARKA PRIRODE MEDVEDNICA, 2014).

Srednja godišnja naoblaka na području Medvednice iznosi oko 6 desetina. Naoblaka na postajama u podnožju Medvednice nešto je veća nego na njezinu vrhu što je posljedica zimskih situacija s temperaturnim inverzijama kod kojih se pojavljuje magla ili niska naoblaka pa su doline oblačne ili maglovite, a na vrhovima je vedro. U godišnjem hodu najviše naoblake ima u prosincu, a najmanje u srpnju i kolovozu. Sukladno naoblaci, učestalost vedrih dana nešto je veća na većim nadmorskim visinama, ali i na sjevernoj strani Medvednice nego u podnožju na gradskoj strani. Oblačni su dani oko 2 puta češći od vedrih, a razlike između njihovih učestalosti najveće su na zagrebačkoj strani Medvednice (PROSTORNI PLAN PARKA PRIRODE MEDVEDNICA, 2014).

Magla sprečava prodor sunčevih zraka do površine Zemlje, pa duže zadržavanje magle snižava temperaturu zraka. Na postaji Puntijarka, koja je najviša na ovom području, može se očekivati najveći godišnji broj dana s maglom (148). Često se događa da niski oblaci pokrivaju vrh Medvednice, što se na vrhu motri kao magla a u dolini kao naoblaka. Na svim postajama maksimumi nastupaju zimi (od prosinca do veljače), a minimumi ljeti. Na postaji Puntijarka u svim mjesecima ima više dana s maglom nego na ostalim lokacijama, najviše u prosincu (17 dana) te u siječnju (16) i veljači (15). U ljetnim mjesecima (od lipnja do kolovoza) na Puntijarki je zabilježeno od 7 do 10 dana s maglom. Na svim postajama najviše grmljavinskih dana ima u toplom dijelu godine (od travnja do rujna), kada su često vezane uz pljuskove (Puntijarka 32). Grmljavinski dani najbrojniji su u lipnju (Puntijarka 7). U zimskim mesecima može se očekivati najviše jedan dan s pojavom grmljavine. Godišnje se najviše dana s tučom može očekivati na najvišem dijelu Medvednice gdje je na Puntijarki zabilježeno oko 3 dana s tučom (PROSTORNI PLAN PARKA PRIRODE MEDVEDNICA, 2014).

5. Geološke značajke

Područje istraživanja prekrivaju miocenske naslage (Slika 5.1.) koje su nastale prije 26 – 5 milijuna godina. Uslijed eustatičkih kolebanja razine vode ili tektonskih pokreta, dolazilo je do promjena u dimenzijama bazena što je izazivalo i promjene u sedimentaciji. Veće i dugotrajnije promjene u sedimentaciji su opisane kao «katovi» miocena, odnosno kao kronostratigrafske jedinice. Naziv su dobile prema prvo opisanom razvoju, a to je: eger, egenburg, otnang, karpat, baden, sarmat, panon i pont, od kojih se na području istraživanja javljaju baden, sarmat, panon i pont.



Slika 5.1. Geološka karta istraživanog područja, dio lista Ivanić (BASCH, O.: Osnovna geološka karta SFRJ, List Ivanić-Grad 1:100,000 L 33-81, Redakcija i izdanje Saveznog geološkog zavoda Beograd 1981.)

Neogenske marinske naslage na prostoru sjeverozapadne i istočne Hrvatske pripadaju prostoru Centralnog Paratethysa koji se proteže na prostoru između Bavarske i Karpata. U geotektonskom smislu najveći dio centralnog Paratethysa obuhvaća Panonski bazenski sustav (PBS) ograničen Alpama, Karpatima i Dinaridima. Naslage na prostoru PBSa mjestimice naliježu na oligocenske slatkovodne do brakične naslage, a mjestimice diskordantno naliježu i na još stariju podlogu. Podloga im je često zbog izrazite prekrivenosti nepoznata. Tijekom donjeg miocena unutar PBSa hrvatskog dijela moguće je razlikovati dva taložna bazena različitih taložnih karakteristika. To su: bazen Hrvatskog Zagorja i Sjevernohrvatski bazen. Tek se od karpata formira jedinstveni taložni prostor, tako da se od tada pa sve do kraja miocena unutar PBSa odvijaju slični taložni procesi. Bitnu ulogu pri formiranju različitih taložnih zbivanja na ovom prostoru imali su i neotektonski pokreti koji su dovodili do diferenciranog spuštanja tektonskih blokova (a povremeno i njihova izdizanja), čime su utjecali na promjene batimetrije, a time i na formiranje različitih debljina neogenskih sljedova u različitim dijelovima PBSa.

Najmanja debljina neogenskih sljedova je uz rubove otočnih gora, npr. uz Medvednicu, a najveća u potolinama, npr. Savska depresija s debljinom neogenskih naslaga od oko 5 – 6 km (BUCKOVIĆ, 2006). Neogenske su stijene općenito u starijim dijelovima zastupljene brečama, konglomeratima i vapnencima, a zatim slijede lapori i pješčenjaci u izmjeni, zauzimajući najveći dio prostora depresije (Slika 5.2.). Pri vrhu su zastupljene pretežito gline, prahovi, pijesci i šljunci (SUČIĆ, 2011).

Donji i srednji miocen ($M_{1,2}$) u čitavom Panonskom bazenu predstavlja izrazito transgresivan član. Uglavnom krupnoklastični sedimenti naliježu na mezozojske ili paleozojske sedimentne, magmatske i metamorfne stijene u podlozi tercijarnog sustava. U pravilu je litološki sastav sljedeći: u starijem dijelu breče, konglomerati, brečokonglomerati, a u mlađem dijelu lapori i laporoviti vapnenci. Najčešće je starost tih transgresivnih sedimenata badenska, dok su starije stijene identificirane na manjem području. Između donjeg i srednjeg miocena (prije nešto više od 16 milijuna godina) javili su se na području Medvednice novi tektonski poremećaji s izdizanjem morske razine i istovremenim spuštanjem pojedinih kopnenih dijelova, ali i djelomičnim izdizanjem drugih. Zbog jače izraženog poplavljivanja znatnog dijela dotadašnjeg mevedničkog kopna, nastale su vodene prevlake, što je značilo i izdvajanje uglavnom nepravilnih otočnih područja na jugozapadu i sjeveroistoku Medvednice (Herak, 2006).

5.1. Baden

Marinska transgresija, započeta u tijeku karpata, obnovljena je u donjem badenu. U sjeveroistočnom su dijelu Medvednice novi kopneni predjeli, od paleozojskih, trijaskih i krednih stijena, pa i slatkovodnih sedimenata otnanga, pokriveni morem. Naslage donjeg badena uvijek naliježu na karpatske naslage. Tijekom badena koji je trajao oko 3,5 milijuna godina, zbog spuštanja i izdizanja pojedinih kopnenih dijelova, povećani su uvjeti za veću raznolikost morskih okoliša. To se događalo analogno promjenama u širem morskom prostoru, sve do Bečkog bazena. Među taložinama se osobito ističu tvorevine plitke (uzburkane) i dublje (mirnije) vode. Priobalni i plitkovodni sedimenti nastali su okolišu u kojem je pokretljivost morske vode bila pojačana, a s kopna je donešen rastrošen materijal u većim količinama. Tako su nastali kršnici (breče), konglomerati i pješčenjaci. Na njih se nastavljaju plitkovodni vapnenci nastali pretežno od skeletnih dijelova (i ovoja) različitih organizama među kojima se ističu crvene alge (osobito litotamnije), koralji, mekušci s debljim ljušturama, pridnene foraminifere i dr. Najkarakterističniji je sediment toga područja litotamnijski vapnenac (po crvenoj kamenotvornoj algi), a malo šupljikave pa i brečaste transgresivne gornjobadenske tvorevine nazvane su litavac (po Leithagebirge u Gradišću u Austriji). Nalazimo ga osobito na jugoistočnom pobočju Medvednice.

U dubljim dijelovima okolnog mora taloženi su sitnozrni glinoviti talozi poznati u starijoj literaturi pod nazivom „badenska glina“ (HERAK, 2006).

Naslage badena, zbog transgresije uzrokovane povišenjem globalne morske razine u donjem, a dodatno i izrazitijim otvaranjem indopacifičkog marinskog prostora u gornjem badenu, znatno su rasprostranjenije na površini od naslaga starijih dijelova miocena (BUCKOVIĆ, 2006). Badenske su naslage raspoređene duž padina cijele Medvednice, a u njezinim krajnjim jugozapadnim i sjeveroistočnim predjelima gornjobadenski sedimenti djelomice transgresivno prekrivaju i niže dijelove samoga grebena. Na temelju facijesnih razlika i zajednica mikrofosila, mogu se približno odvajati sedimenti donjeg i gornjeg badena (ŠIKIĆ, 1995).

U donjem badenu određeni su mekušci: *Phacoides borealis, Lucina polymorpha, Solenomya doderleini, Amussium denudatum, Vaginela austriaca* i druge (BUCKOVIĆ, 2006). Od makrofosila javljaju se još rodovi mekušaca: *Chlamys, Pecten, Natica, Cassidaria, Ficula, Pleurotoma*, uz terebratule, ježince, koralje i briozoe (ŠIKIĆ, 1995). Među foraminiferama određene su: *Valvulina pennatula, Textularia gramen, Lenticulina inornata, Uvigerina semiornata, Globorotalia meyeri* i druge (BUCKOVIĆ, 2006). Ostaci kitova također svjedoče o otvorenosti mora (HERAK, 2006). Za donjobadenske naslage je općenito svojstveno da u sastavu sedimenata prevladava vapnenačka komponenta. Tako se u starijem dijelu izmjenjuju vapnenački, dijelom konglomeratični pješčenjaci, bioklastični vapnenci (litavci), laporoviti vapnenci i lapori, a u mlađem dijelu uglavnom kalcitni lapori s učestalim tanjim proslojcima i uloščima vapnenačkih pješčenjaka i bioklastičnih vapnenaca. U predjelima s izraženom transgresijom direktno na starije stijene, naslage se sastoje od tankog slijeda baznih breča i konglomerata, vezanih kalcitnim vezivom. Bazni klastiti su proslojeni ili bočno prelaze u bioklastične vapnence (litavce). U donjem badenu i dalje se nađu proslojci tufita, rjeđe tufova, i također su odjeci riolit – dacitnog vulkanizma. Starost naslaga je dokazana brojnim foraminiferama, prevladavaju planktonski oblici koji pokazuju da se radi o obnavljanju transgresije i širenju veza s otvorenim morem, Paratethysom. Početak taloženja donjobadenskih sedimenata, među foraminiferama, obilježen je prvom pojavom roda *Orbulina.* Na temelju foraminiferskih vrsta iz roda Lagena, donji baden je biostratigrafski podijeljen na donju i gornju lagenidnu zonu (ŠIKIĆ, 1995). U ovo razdoblje su svrstani i sedimenti opisani kao krupnozrni konglomeratični pješčenjak i sitnozrni pješčenjak burdigala, šlir (lapor) helveta, te badenski lapor „čučerskog“ razvoja proslojen pješčenjakom i litavcem (KOCHANSKY, 1944).

Početkom gornjeg badena počelo je maksimalno širenje marinske transgresije i more je prekrilo šire područje sjeverozapadne Hrvatske. Na sjeveroistočnom dijelu Medvednice gornjobadenske sedimente većim dijelom prekrivaju mlađi sedimenti neogena pa su otkriveni samo mjestimice, i to između Kraljevca i Bačuna, te u neogenskom slijedu na potezu Medvedski brijeg – Vugrovec (ŠIKIĆ, 1995). Naslage gornjeg badena uvijek naliježu na naslage iz različitih stratigrafskih nivoa u rasponu paleozoik – miocen (BUCKOVIĆ, 2006). Gornjobadenski su sedimenti poznati po raznolikosti litofacijesa i mnogo ostataka fosila. Bazni, transgresivni dio naslaga, najčešće se sastoji od tanjeg (dm do m) slijeda breča i konglomerata (ŠIKIĆ, 1995). U gornjem badenu u plitkomorskom, a dijelom i grebenskom facijesu uz "litotamnijske vapnence" ima konglomerata i pješčenjaka s mnoštvom ostataka ježinaca, pektenida, oštriga, puževa i kostiju morskih sisavaca. Od foraminifera česte su: *Spiroplectamina carinata, Bolivina dilitata*, razne heterostegine, itd. (BUCKOVIĆ, 2006). Najrasprostranjeniji su priobalni i općenito plitkovodni vapnenački sedimenti, predstavljeni bioklastičnim vapnencima (litavcima) do biokalkarenitima, kao i manjim tijelima biolititnih vapnenaca, pretežito vezanim za izdignute dijelove paleoreljefa izgrađene od karbonatnih stijena mezozoika. Obilan vapnenački detritus u građi vapnenačkih klastita nastao je razaranjem grebenskih, koralinacejsko – briozojskih vapnenaca, rijetko koraljnih, i taložen je u neposrednoj okolini biolititnih tijela (ŠIKIĆ, 1995).

U plitkovodnim sedimentima, uz koralinaceje, briozoe i koralje, nađu se krupni ježinci, zubi i kralješci riba, dijelovi skeleta morskih sisavaca (kita, sirene), te mnogo ostataka mekušaca, među kojima su češći rodovi *Pecten, Flabellipecten, Chlamys, Glycimeris, Isocardia, Ostrea, Conus* i drugi. Među foraminiferama ističu se krupniji oblici rodova *Amphistegina* i *Heterostegina.* Kao bočni ili nešto mlađi ekvivalenti plitkovodnih naslaga, s postupnim prijelazima, u relativno dubljim, bilo zaštićenim ili otvorenim sredinama, taložili su se glinoviti i pijeskoviti lapori (ŠIKIĆ, 1995). U najmlađem dijelu gornjobadenskih naslaga, na prijelazu u sarmat, osobit je facijes sivih i žućkastosivih, dijelom tankoploča stih do laminiranih lapora, u kojima su, uz ostatke riba i neke sitne školjkaše, naročito brojne nakupine nježnih ljušturica školjkaša Chlamys auensis zollikoferi.

Na osnovi sastava zajednica foraminifera, unutar gornjobadenskih sedimenata mogu se razlikovati tri biozone prema vodećim vrstama ili rodovima. Najstarija je Spiroplectamina carinata zona, slijedi Bulimina-Bolivina zona i najmlađa Virgulinella pertusa zona posebno razvijena u jugozapadnom dijelu Medvednice, dok su u sjeveroistočnom dijelu Medvednice najmlađe naslage predstavljene zonom Ammonia beccarii (ŠIKIĆ, 1995).

5.2. Sarmat

Na prijelazu badena u sarmat, zbog tektonskih pokreta na širem prostoru Paratethysa, nastao je opće poznati prekid veza s Tethysom. Od početka sarmata prije nešto više od 13 milijuna godina, počele su se smanjivati veze sa Sredozemljem odnosno puca veza s tada južnim krakom Tethysa (BUCKOVIĆ, 2006, HERAK 2006). Otada se postupno smanjuje salinitet vode jer su slatkovodni utjecaji sve veći.Nastupila je izolacija Paratethysa uz smanjenje i postupno oslađivanje dotadašnjeg marinskog bazena, a direktna je posljedica bio regresivni ciklus sedimentacije s taloženjem marinsko – brakičnih do brakičnih sedimenata. U području Medvednice te su promjene iskazane u mjestimice transgresivnom (ingresivnom) taloženju sarmatskih sedimenata preko starijeg neogena, pretežito gornjeg badena. Ingresivan položaj je posebno izražen u središnjem dijelu Medvednice, i to od poteza Markuševec – Donja Stubica do poteza Sv. Ivan Zelina – južne padine brda Hum (ŠIKIĆ, 1995).

Za Medvednicu je svojstveno diferencirano kretanje pojedinih kopnenih dijelova, pa je i to pridonjelo znatnoj varijabilnosti okoliša i na manjim površinama. Sarmatske su naslage poznate po raznovrsnosti litofacijesa, posebno u priobalnim okolišima. Naslage su uglavnom obilježene izmjenom pješčenjaka i lapora različite slojevitosti i fosilnog sadržaja (HERAK, 2006). U većem dijelu Medvednice pretežito se sastoje od izmjene klastita, i to pješčenjaka, manje ili više pjeskovitih, siltnih, glinovitih ili rijetko dijatomejskih lapora, laporovitih vapnenaca, te tankih proslojaka ili uložaka pijesaka i ugljevitih glina. Naslage su izvrsno slojevite (cm do dm), a dijelom su, što je svojstveno za sarmat, laminirane građe (ŠIKIĆ, 1995).

Naslage sadržavaju brojne fosile, osobito mekušce s najčešćim rodovima *Ervilia, Cardium, Irus, Mactra, Musculus, Modiolius, Calliostoma, Gibbula, Pirenella, Cerithium* i drugim, a u najmlađim slojevima je zapažena i prva pojava kongerija. Vrlo česti biofacijesni član sarmata Medvednice su ervilijski lapori (ŠIKIĆ, 1995). U laporima prevladavaju školjkaši (*Mactra, Ervilia* i dr.), a pješčenjaci su obilježeni ostacima puža *Cerithium*. Javljaju se i dijatomiti, zatim naslage s fosilnim ribama te slojevi s ostacima kopnenih biljaka (HERAK, 2006). Donji sarmat (M_3^1) ili tripoli naslage čine tankolističavi kalcitni lapori. Listićavost je posebno izražena kod dijatomejskih lapora (ŠIKIĆ, 1995).

Pri određivanju uže zonske pripadnosti, za stariji dio sarmatskih naslaga (donji sarmat) značajne su foraminifere iz roda *Elphidium*. U najstarijim slojevima, uz relikte badenske mikrofaune, vodeća je vrsta *Cibicides badenensis*, dok je u najmlađem dijelu naslaga provodna zonska vrsta *Protelphidium subgranosum*. U pješčenjacima priobalnih okoliša od foraminifera najčešće su zastupljene miliolide. Među provodne mikrofosile spada i često zastupljena vrsta *Semseya lamellata* (ŠIKIĆ, 1995).

Koncem sarmata bilo je izdizanja pa su neki kopneni blokovi prodrli do površine, te je zbivanje na obodu Medvednice bilo povezano prvenstveno uz Panonski bazen koji je tek tada poprimio jasne obrise, a voda mu je bila sve bočatija (HERAK, 2006).

Slično starijim naslagama i ovdje se mogu razlikovati rubni plitkovodni facijesi i dubokovodni facijesi. Rubni facijesi predstavljeni su brakičnim glinama, pješčenjacima i vapnencima u kojima dolaze mekušci: *Calliostoma podolicoformis, Pirenella picta, Mactra vitaliana, Cardium vindobonese,* a od foramnifera: *Elphidium macelum, Elphidium josephinum* i drugi. U bazenskom facijesu dolaze klastiti sitnijeg zrna: lapori i laporoviti vapnenci, listićavi dijatomiti ("Tripoli naslage"), te turbiditi. Provodnu vrijednost ovdje ima školjkaš *Ervilia dissita dissita* (BUCKOVIĆ, 2006).

Česti su proslojci (<1 mm) čistog vapnenca i primarno bitumenske stijene. Sarmatske taložine smatraju se matičnim stijenama i nekad su istraživači mislili da su one "odgovorne" za postanak većine nafte u hrvatskom dijelu Panonskog bazena. Kako te naslage imaju prosječnu debljinu od 30 – 50 m postavlja se pitanje koliku su količinu ugljikovodika mogle proizvesti.

5.3. Panon

Na sarmatske se naslage nastavljaju taložine podjedinice nazvane panon, koji je trajao oko četiri milijuna godina. Potkraj donjeg dijela besaraba ili na prijelazu u gornji besarab, pojačan je intenzitet tektonskih pokreta i Paratethys se raspada u odvojene manje bazene. Dolazi do potpune izolacije većeg dijela Središnjeg Paratethysa i nastaje Panonski bazen (u punom značenju), u kojem je nastavljeno daljnje progresivno oslađivanje s taloženjem panonskih naslaga u jako oslađenoj brakičnoj sredini. Panonske naslage, u usporedbi s razvojem u Istočnom Paratethysu, prema starosti obuhvaćaju široki raspon od gornjeg besaraba do meota. Panonski sedimenti u prostornom kontinuitetu opasuju Medvednicu, od Podsuseda (Kostanjeka) na jugozapadu do Sv. Ivana Zeline i Marije Bistrice na sjeveroistoku. U Medvednici, na temelju facijesnih obilježja, panonske naslage se mogu podijeliti na donje Croatica – naslage i gornje – Banatica naslage (ŠIKIĆ, 1995).

Donji panon ($_1M_3^2$) ili „Croatica naslage" čine tvrdi, čvrsti, "bijeli" lapori, a naziv su dobile po pužu *Radix croatica*. U staroj literaturi nazivaju se i prevalencijenezijske naslage. Dolaze još i: *Radix cobelti, Limnaea extensa, Gyraulus praeponticu* i drugi. Donjopanonski su se sedimenti pretežito taložili u plitkovodnoj i mirnijoj sredini, mjestimice s već spomenutim jače izraženim dotokom slatke vode, posebno za taloženja početnih baznih slojeva. Na padinama Medvednice, donjopanonski sedimenti uglavnom se sastoje od lapora i glinovitih vapnenaca, te pretežno konkordantno leže na sarmatskim sedimentima.

Glinoviti vapnenci su većim dijelom pločasti (cm do dm), dok su lapori mjestimice laminirane građe (ŠIKIĆ, 1995). U vršnim dijelovima donjopanonskih naslaga dolazi do smanjenja postotaka karbonatne komponente, pa vapnenački lapori prelaze u žućkaste i sive, slaboslojevite ili gromadaste lapore (ŠIKIĆ i dr., 1979). Debljina Croatica naslaga varira od 20 do 40 metara (PLETIKOSIĆ, 2006).

Gornji panon ($_2M_3^2$) čine žučkasti lapori u izmjeni s pješčenjacima koji mogu biti kolektori za CH. Osim lapora taložile su se i kopnene tvorevine koje sadržavaju i pretaložene fosile pa otežavaju starosnu korelaciju s naslagama s kojima su u dodiru. Naslage gornjeg panona izgrađuju brakični lapori, pijesci i pješčenjaci (BUCKOVIĆ, 2006). Gornjopanonske Banatica naslage su prema starosti ekvivalent cijelog ili većeg dijela hersona i cijelog meota u podjeli neogena istočno od Karpata. Uglavnom su se kontinuirano taložile na donjopanonskim naslagama, izuzev priobalnih predjela s jače izraženim tektonskim nemirom, gdje ingresivno leže na starijoj podlozi. Gornjopanonske naslage se pretežito sastoje od svjetlosivih i žućkastosivih lapora, unutar kojih se, uz postupni pad karbonatne komponente, mogu pratiti prijelazi od slojevitih vapnenačkih lapora u baznom dijelu do neslojevitih glinovitih lapora u najmlađem dijelu (ŠIKIĆ, 1995). Ove naslage nazivaju se "Banatica naslage" prema školjci *Congeria banatica*, koja u najmlađem dijelu brojno ispunjava pojedine slojeve lapora i ima biofacijesni značaj. U laporima se relativno rijetko nađu fosili od kojih su važni brojni mekušci, ali i sićušni rakovi (ostrakodi). Javljaju se rodovi: *Limnocardium, Monodacna, Paradacna, Gyraulus, Orygoceras, Mikromelania, Velutinopsis* i drugim. Od ostrakoda značajne su vrste: *Hungarocypris hierogliphica, Amplocypris abscissa, Candona reticulata, Hemicytheria croatica* i brojne druge. Dolaze još i: *Gyraulus tenistriatus* i *Planorbis turkovici* (BUCKOVIĆ, 2006, ŠIKIĆ, 1995).

Unutar priobalnih sedimenata osobito u područjima s transgresivnim obilježjima, česta su pojava slojevi, proslojci i ulošci (dm do m) krupnozrnatih terigenih klastita. Sastoje se od pijesaka, pješčenjaka („bačunski“ pješčenjak), šljunaka i slabo vezanih konglomerata. Donji slojni kotakti s laporima su erozijskog tipa i upućuju na tektonski nemir u priobalju i kopnenom zaleđu s posljedicom povremenog taloženja bujičnih i potočnih naplavina. Pretaloženi krupniji terigeni klastiti i sitnozrniji detritus, kao i ostaci skeleta fosila, potječu iz neposrednoga kopnenog zaleđa i obalnog plićaka. Uz gornjopanonske kongerije i brojne melanopside („Lyrcaea horizont“) često se nađu pretaloženi fosili badenske i sarmatske starosti (ŠIKIĆ, 1995).

5.4. Pont

Podjedinica pont nastavlja se bez većih promjena na panon, ali s pojačanim oslađivanjem vode. Trajala je oko dva milijuna godina. Na gornjopanonskim laporima kontinuirano su taloženi donjopontski sivi lapori. Rasprostranjeni su u užem ili širem pojasu oko Medvednice, od Stenjevca na jugozapadu do Stubičkih Toplica na sjeveru. Pretežiti dio naslaga sastoji se od slaboslojevitih, manje ili više glinovitih lapora, a u mlađem dijelu glinovito – siltnih lapora i glina.

Donji pont (Pl_1^1) ili abichi naslage čine lapori, u starijim dijelovima u izmjeni sa slojevima pješčenjaka koji mogu biti ležišne stijene za ugljikovodike. Donjopontski su se lapori taložili u mirnijoj i nešto dubljoj sredini, naslijeđenoj iz gornjeg panona. Litološkim sastavom i fosilima, te naslage pripadaju donjopontskom razvoju (facijesu), široko rasprostranjenom u djelomice prostorno (obalnim područjima) smanjenom Panonskom bazenu. Usporedive su s Abichi – naslagama Rumunjske, a također su rasprostranjene u Mađarskoj što upućuje na uspostavljanje veze s bazenskim prostorom istočno od Karpata (ŠIKIĆ, 1995).

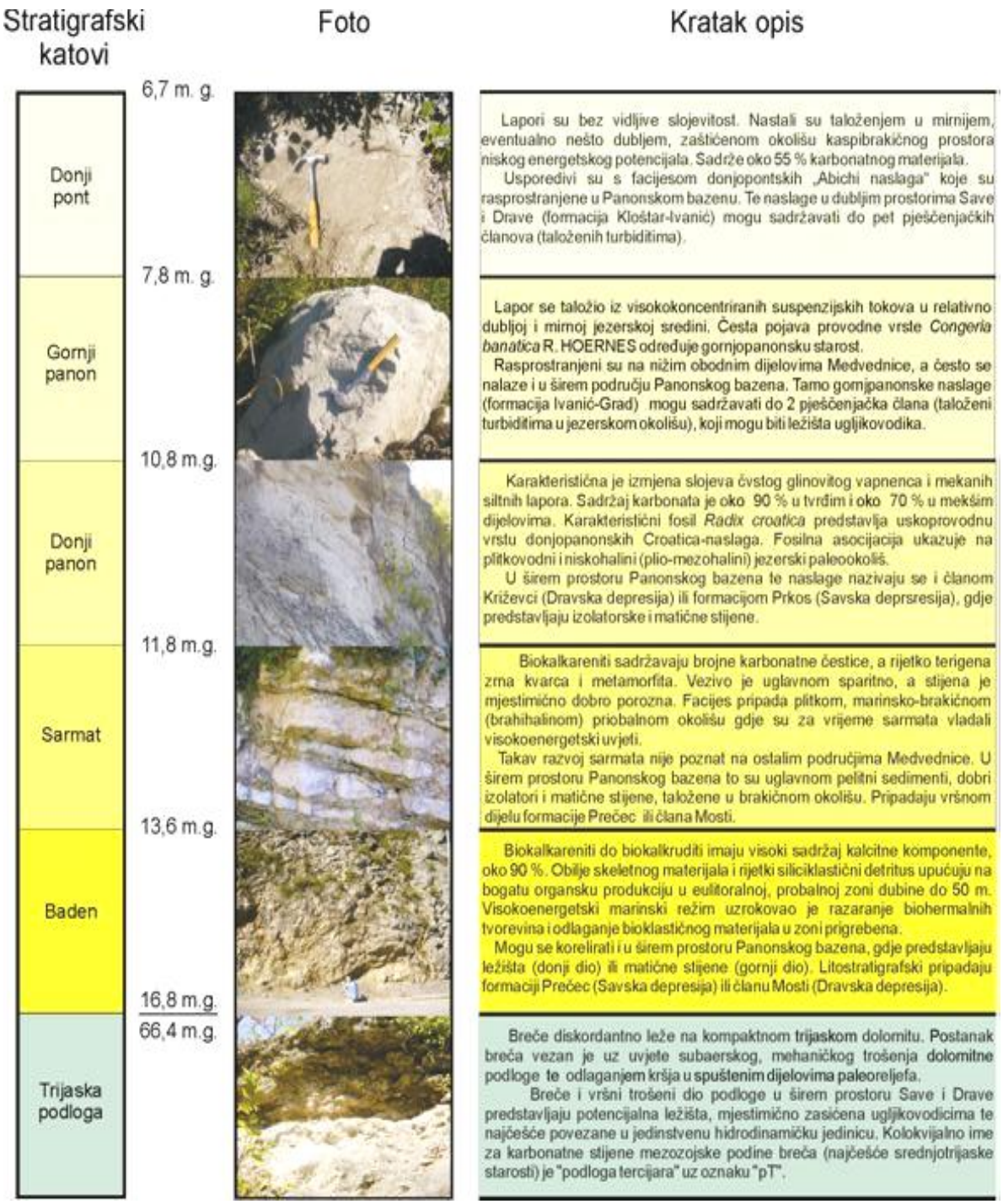
Naslage se nazivaju "Abichi naslage" prema školjci *Paradacna abichi* koja je najčešći i vodeći fosil, zatim slijede *Paradacna lenzi, Limnocardium otiophorum, Dreissenomya digitifera, Valenciennius reussi* i drugi. Ostrakodi su veoma brojni, a značajnije su vrste *Amplocypris reticulata, Candona (Caspiocypris) labiata, Candona alta, Bacunella abchazica, Hemicytheria marginata* i *Hemicytheria prisca*, te uz njih veoma rijetki pojedinačni nalazi foraminifera iz roda *Silicoplacentina*, inače prisutnih i u sedimentima gornjeg panona (ŠIKIĆ, 1995).

Debljina naslaga donjeg ponta kreće se između 90 i 150 metara (KOVAČIĆ, 2004). U litološkom smislu sedimenti donjeg ponta veoma su homogeni. Karakteristični su za mirnije dijelove sedimentacijskog prostora. Najčešći sedimenti su masivni lapori različitih nijansa sive boje. S padom karbonatne komponente prelaze u laporovite gline. Količina karbonatne supstance u odnosu na panonske lapore je znatno niža i iznosi 35 do 50,5%. Unutar donjopontskih lapora često se nalaze proslojci nevezanih ili slabovezanih glinovitih pijesaka debljine 10 – 20 cm. Pijesci su sitnozrni, mjestimice laminirani. U sastavu lake mineralne frakcije prevladavaju muskovit i kvarc (ŠIKIĆ i dr., 1979).

Gornji pont (Pl_1^2) ili Rhomboidea naslage naziv su dobile prema školjci *Congeria rhomboidea*. Gornjopontski sedimenti u širokom pojasu opasuju Medvednicu. Kontinuirano su taloženi na donjopontskim sedimentima dok su na susjednim rubnim područjima Panonskog bazena (Žumberak i Banija) izrazito transgresivni. U starijem se dijelu pretežito sastoje od glinovito – pjeskovitih lapora i glina, koji u mlađem dijelu postupno prelaze u slabo vezane do nevezane glinovite pijeske i siltove.

Nevezani sedimenti su predstavljeni žućkastim, rđastim i crvenkastosmeđim (od limonitizacije) pijescima, siltnim pijescima i pjeskovitim siltovima s veoma malom količinom glinovite tvari. Unutar pijesaka nađu se tanki proslojci vapnenačkih pješčenjaka i siltita, tanke leće i ulošci sitnozrnih pjeskovitih šljunaka. Litološkim i teksturnim osobinama mlađi pješčani dio naslaga pokazuje dosta sličnosti s turbiditnim sedimentima (ŠIKIĆ, 1995).

Od fosila česte su kongerije, a najvažnija je *Congeria rhomboidea* pa se po njoj tvorevine gornjeg ponta nazivaju „Rhomboidea – naslage“. I u njima su nađeni mnogi ostrakodi (HERAK, 2006). Provodni fosili za gornji pont su: *Congeria rhomboidea alata, Congeria croatica, Limnocardium riegeli, Limnocardium prionophorum, Limnocardium (Arpadicardium) mayeri, Limnocardium zagrabiense, Zagrabica naticina* i mnoge druge vrste. Od ostrakoda značajniji su: *Hungarocypris pannonica, Candona (Caspiocypris) pontica, Candona (Camptocypria) flectimarginata, C. (C.) acronasuta, C. (Lineocypris) zagrabiensis*, uz mnoge druge vrste (ŠIKIĆ, 1995). Dolaze još i: *Limnocardium schmiti, Valenciennius* i drugi (BUCKOVIĆ 2006).



Slika 5.2. Shematski geološki stup s fotografijama stijena u području Medvednice od trijasa do donjeg ponta (Malvić, 2006.)

5.5. Faze oblikovanja

Panonski je bazenski sustav (PBS) postankom vezan uz alpsku orogenezu. Sastoji se od nekoliko depresija i bazena o čijem formiranju je načinjeno više modela, ovisno o proučavanom dijelu toga sustava.

Model za hrvatski dio temelji se na riftingu, tj. ekstenziji (VELIĆ i dr. 2002, MALVIĆ 2003) tj. na stvaranje dugog, uskog kontinentalnog korita, ograničenog strmim normalnim rasjedima koji su ponegdje dosegli i litosferu te izazvali vulkanizam bazičnog tipa. No, strukture su konačno oblikovane tektonskim pokretima tijekom neogena i kvartara (PRELOGOVIĆ i dr. 1995, LUČIĆ i dr. 2001). Svi tektonski modeli vrlo su slični za cijeli HPBS, odnosno glavni zaključci mogu se primijeniti na Savsku, Dravsku, Slavonsko-srijemsku te Mursku depresiju, kao i subdepresije Hrvatskog Zagorja (SUČIĆ, 2011). U JZ dijelu Panonskog bazena razlikuju se prema opisanim regionalnim strukturnim odnosima općenito tri faze razvoja struktura.

Prva je inicijalna faza strukturnih promjena koja se događala u razdoblju od oligocena do ranoga miocena i koja je sjeverno od Zagreba uvjetovala pojavu andezitnog vulkanizma. U uvjetima orijentacije stres SSI – JJZ glavno je taložno područje stvarano između Zagreba, Varaždina i Ljubljane i to je bio početak razvoja Murske depresije. U ovom ranom stadiju ekstenzije, rasjedanje dna bazena bilo je praćeno brzom sedimentacijom tako da su svi bazeni – depresije i subdepresije zapunjavani krupno i srednjozrnatim klastitima uz izrazite bočne promjene facijesa. Uslijedila je glavna ekstenzijska faza tijekom možda kraja donjeg, ali sigurno srednjeg miocena (karpat – baden). Tijekom ove faze došlo je do aktiviranja lijevih transkurentnih rasjeda. Koherentni tektonski blokovi počeli su se po tim rasjedima pomicati prema SI, te su se između tih blokova počele otvarati regionalne i lokalne ekstenzijske zone. Od regionalnih zona to su Savska depresija i zapadni dio Dravske depresije, a od lokanih manji „pull-apart“ bazeni. Strukturne promjene u otnangu i karpatu nisu bile još dovoljno izražene da bi mogle svojih prostorima značajno nadilaziti količinu materijala koja je donašana u njih. Stoga je sinsedimentacijsko taloženje uglavnom pratilo povećanje sedimentacijskog prostora koji je zapunjavan terigenim naslagama. Donos sedimenata počeo je značajnije zaostajati za povećanjem taložnog prostora tek u badenu kad su nastala velika morska područja s taloženjem bazenskih lapora i plitkovodne sredine s biogenim vapnencima i pješčenjacima (VELIĆ, 2007).

U vremenskom intervalu od sarmata do ponta glavna se ekstenzija u JZ dijelu Panonskog bazena počela završavati i te naslage uglavnom imaju karakteristike poslije ekstenzijskog okoliša. No, ta promjena nije bila jednolična. U sarmatu je prvo došlo do 'izgladnjivanja' bazena praćenog taloženjem kondenziranih naslaga, a ponegdje i do erozije. Razlog je bilo razdoblje kompresije i pada razine mora koje je završilo tijekom donjeg panona.

Također, u panonu je prestala subdukcija u vanjskim Karpatima i započelo je termalno spuštanje kore ispod PBS-a (PERESSON I DECKER, 1997). Zato se velika količina panonskih i pontskih sedimenata, uglavnom lapora i pješčenjaka, taloži na širokom području, prekrivajući i dotadašnje rubove bazena, što je posebice izraženo u pontu (VELIĆ, 2007).

Gornjopanonske i donjopontske su naslage u dubini taložnih bazena razvijene u velikoj debljini i istodobno u znatnoj mjeri prekrivaju okolna izdignuća. Odnos između brzine rasjedanja dna bazena i donosa detritusa u panonu i pontu bio je ravnomjeran, tako da se uglavnom zbivalo obnavljanje jednakih taložnih uvjeta i stvoren je debeli slijed izmjene pješčenjačkih i laporovitih slojeva. Orijentacija regionalnog stresa koji se koncem panona zaokrenuo prema ISI – ZJZ pogodovala je jačem rasjedanju po sjevernom rubu slavonskih gora, južnom rubu Dravske depresije, u istočnoj Slavoniji, te južnom rubu Savske depresije. Do kraja ponta sve depresije su bile gotovo sasvim zapunjene sedimentima (VELIĆ, 2007).

Treća faza oblikovanja struktura i znatna promjena orijentacije stresa započela je u pliocenu, a traje do danas. To je tzv. neotektonska faza. Postupno se strukturne oblikuju pod utjecajem regionalnog stresa pravcem S – J, uglavnom desnim transkurentnim pomacima i kompresijom unutar granica „strike – slip“ struktura. Taloženje u manjim preostalim depresijama odvijalo se u jezerskim, močvarnim, riječnim okolišima ili eolskim mehanizmom (SUČIĆ, 2011).

6. Metode terenskih mjerenja

6.1. Geološka terenska mjerenja

Geološka terenska mjerenja uključila su kartiranje po postojećim izdancima na istraživanom području. Skicirani su i izmjereni izdanci, uzeti su i opisani uzorci stijena, određen je njihov mineralni sastav, struktura, tekstura i vrsta stijena. Fotografiran je svaki izdanak s pripadajućim uzorcima, opisani su strukturni odnosi i tektonika (pojava rasjeda, bora, navlaka, transgresije, pukotina), s geološkim kompasom je mjerena orijentacija slojeva (pružanje, smjer i kut nagiba sloja) te su mjerene debljine naslaga. Svi podaci su po točkama bilježeni u terenski dnevnik, obilježavani su i spremani uzorci stijena te su skicirani geološki stupovi i dopunjavana terenska geološka karta. Svaka točka je bilježena GPS uređajem tamo gdje je to bilo moguće ili uz pomoć geološkog kompasa i visinomjera. Dobivene prostorne koordinate mjernih točaka bilježene su na geološku kartu na topografskoj osnovi.

6.2. Hidrološka terenska mjerenja

Hidrološka terenska mjerenja uključila su: a) mjerenje protoka vodotoka – mjerenjem brzine toka vode pomoću plovka i površine poprečnog presjeka vodotoka i b) mjerenje kapaciteta (izdašnosti) izvora metodom posude.

a) Mjerenje protoka vodotoka (potoka)

Protok vodotoka određuje se mjerenjem brzine toka vode i površine poprečnog presjeka vodotoka.

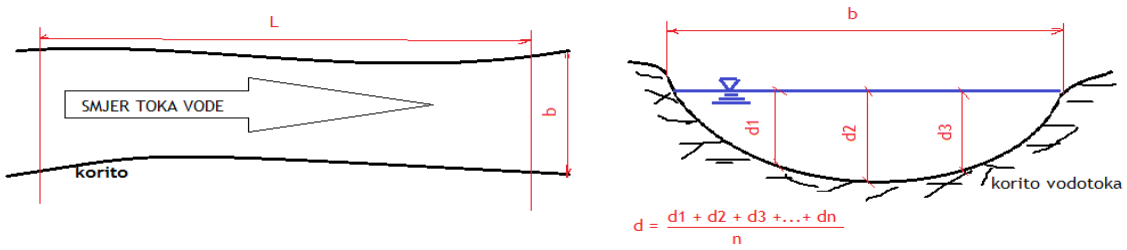
$Q_v = F * v$ [m^3/s; l/s]

Najprije se pomoću mjernog metra izmjeri srednja širina b i srednja dubina d vodotoka (potoka) te se njihovim umnoškom dobije površina protjecajnog profila F.

$F = b * d$ [m^2]

Zatim se poprečno na pružanje vodotoka na odabrani početak i nizvodno na odabrani kraj postavi konopac te se dobije interval puta L (Slika 6.1.) na kojem se mjeri vrijeme t potrebno da plovak prijeđe put po toku od početka do kraja odabranog intervala na vodotoku. Dobije se brzina protjecanja v.

$v = L / t$ [m/s]



Slika 6.1. Skica tlocrta i poprečnog profila

b) „Metoda posude“

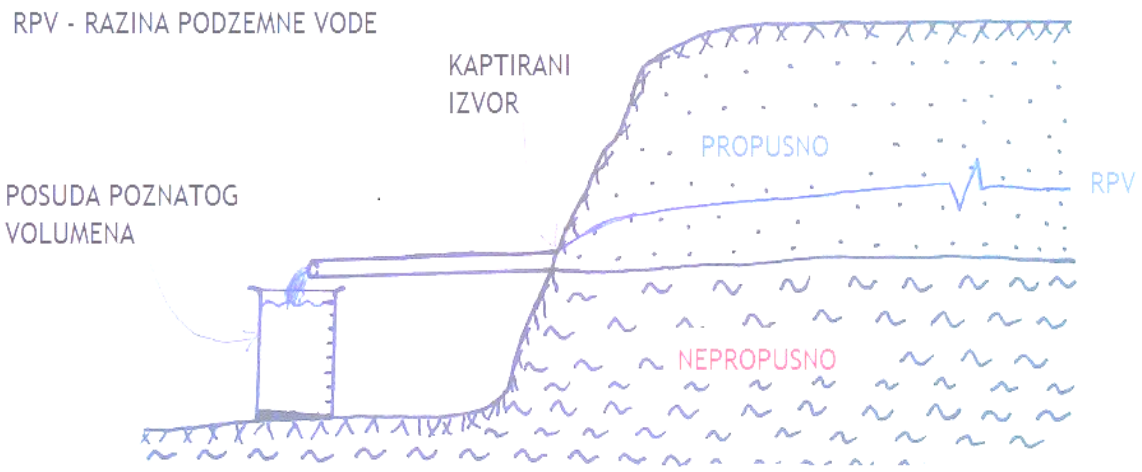
Metodom posude se mjeri kapacitet odnosno izdašnost izvora. Na mjernoj točki, kaptiranom izvoru postavi se posuda poznatog volumena i štopericom se mjeri vrijeme potrebno da se posuda određenog volumena napuni (Slika 6.2.). Dobiveni parametri uvrste se u formulu te se dobije izdašnost izvora. Izvori manjih kapaciteta izražavaju se u l/s, a većih u m^3/s.

$$Q_i = \frac{V}{t} \quad [\ l/s;\ m^3/s\ ]$$

Q_i – kapacitet izvora [l/s; m^3/s]

V – volumen posude [l]

t – mjereno vrijeme [s]



Slika 6.2. Skica metode posude

6.3. Hidrogeološka mjerenja

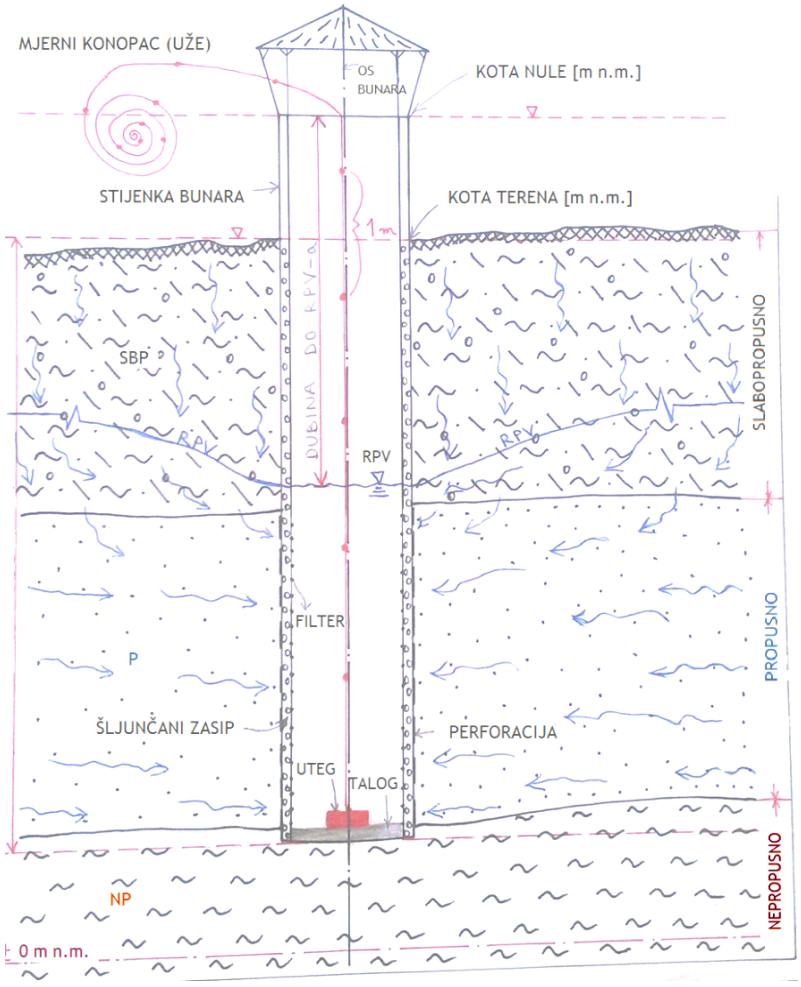
Na pijezometru ili zdencu (Slika 6.3.) potrebno je poznavati:

1.) Prostorni položaj opažačke bušotine na karti, KOTU TERENA (od bušotine/zdenca) [m n.m.] – mjeri se GPS-om

2.) Nadvišenje početka bušotine iznad terena, KOTU „NULE“ (ušće bušotine) [m n.m.] – mjeri se ručnim mjernim metrom od kote terena do početka bušotine (ušća)

3.) Dubinu bušotine [m n.m.] mjeri se mjernim užetom od kote terena do dna bušotine (dobiveni iznos mjerenja oduzme se od nadmorske visine kote terena)

4.) RPV – razina podzemne vode [m n.m.] – mjeri se mjernim užetom od kote „NULE“ bušotine (ušća) do razine podzemne vode u bušotini



Slika 6.3. Mjerenje razine vode kod zdenca

ZDENAC 1 – KAPTIRANI IZVOR 1

U starom zdencu Furdini (Slika 6.4.) mjerene su razine vode (Tablica 6.1.). Kaptirani izvor s koordinatama 45°52' 26" S 16°04'31" I gotovo nikad ne presušuje, a napaja se površinski i podzemno. Zdenac je betonske građe, visine stupca iznad ušća 0,8 m, dubine 2,63 m te se nalazi na 181 m n.m. Promjer zdenca je 0,8 m iz čega slijedi da je radijus zdenca r = 0,4 m => $r^2\pi = 0{,}5027$ m^2. Starost naslaga ispod površine tla je procijenjena na gornji panon.



Slika 6.4. Mjerenje razine vode u zdencu 1 pomoću koluta

Tablica 6.1. Razine vode u zdencu 1

DATUM	DUBINA DO VODE [m]	RPV [m n.m.]	VISINA STUPCA VODE U ZDENCU h_i [m]
14.10.2014	1,35	180,45	2,08
21.10.2014	1,21	180,59	2,22
28.10.2014	0,95	180,85	2,48
11.11.2014	0,94	180,86	2,49
12.12.2014	0,83	180,89	2,52
19.12.2014	1,06	**180,66**	2,29
21.12.2014	1,11	180,61	2,24
14.1.2015	0,87	180,85	2,48
17.2.2015	0,86	**180,86**	2,49
21.2.2015	0,92	180,80	2,43
3.3.2015	0,86	180,86	2,49
17.3.2015	1,13	**180,59**	2,22

PROTOK 1

Od kaptiranog izvora Furdini nastavlja se potočić (Slika 6.5.) na kojem je mjeren protok (Tablica 6.2.) metodom plovka.



Slika 6.5. Potočić koji kreće od kaptiranog izvora i mjerenje protoka

Tablica 6.2. Vrijednosti za protok 1

DATUM	SREDNJA DUBINA VODOTOKA [m]	SREDNJA ŠIRINA VODOTOKA [m]	DULJINA PUTA s [m]	$t_{PUT\ PLOVKA}$ [s]	SREDNJE $t_{PUT\ PLOVKA}$ [s]	V [dm^3]	Q (V/t) [l/s]
12.12.2014	0,060	0,350	3,45	7,88 , 7,73, 7,40	7,67	72,450	9,44
19.12.2014	0,040	0,380	2,17	6,25, 5,20, 4,68	5,38	32,933	**6,13**
17.2.2015	0,045	0,305	2,30	4,06, 3,68, 3,71	3,82	31,567	**8,26**
3.3.2015	0,050	0,310	2,20	4,13, 3,91, 3,73	3,92	34,100	8,70

PROTOK 2

Točka se nalazi 48 m od kaptiranog izvora u smjeru istoka nizvodno. Mjeren je protok (Tablica 6.3.) šireg potočića u kojeg se ulijeva spomenuti potočić kaptiranog izvora i potočić koji teče od površinskog otjecanja (Slika 6.6.). Protok potočića određen je mjerenjem brzine toka vode i površine poprečnog presjeka vodotoka, te metodom posude.



Slika 6.6. Potočići koji se spajaju u jedan veći te mjerenje protoka 2

Tablica 6.3. Vrijednosti za protok 2

DATUM	SREDNJA DUBINA VODOTOKA [m]	SREDNJA ŠIRINA VODOTOKA [m]	$t_{PUTOVANJA\ PLOVKA}$ [s]	SREDNJE $t_{PUTOVANJA\ PLOVKA}$ [s]	$V_{MJEREN\ METODOM\ POSUDE}$ [dm^3]	v [dm^2/s]	Q [l/s]
12.12.2014	0,155	1,050	13,4, 15,8, 15,6	15,00	-	2,67	22
19.12.2014	0,120	0,930	25, 26, 23,3	25,00	-	1,60	**9**
21.12.2014	-	-	4,12, 4,94, 4,49	4,52	20	-	20
14.1.2015	-	-	3,42, 3,09, 3,02	3,18	20	-	6,3
17.2.2015	0,150	1,050	17,15, 18, 21	18,72	-	3,00	**24**
3.3.2015	0,160	1,100	20,32, 20,44, 22,97	21,24	-	2,82	25

ZDENAC 2

U zdencu kod Furdina udaljenom 5,7 m od korita potočića s prethodne točke mjerene su razine vode (Tablica 6.4.). Koordinate zdenca su 45°52' 25" S 16°04'32" I. Zdenac (Slika 6.7.) se nalazi na elevaciji od 180 m n.m. Stupac zdenca je 1,10 m, a promjer je 0,5 m, odnosno radijus je 0,25 m => $r^2\pi$ = 0,1963 m^2. Dubina zdenca mjerena 19.12.2014 je 7,92 m – stupac (1,10 m) + 0,08 m = 6,9 m. Starost naslaga ispod razine tla je procijenjena na gornji panon.



Slika 6.7. Položaj zdenca 2

Tablica 6.4. Razine vode u zdencu 2

DATUM	DUBINA DO VODE [m]	RPV [m n.m.]	VISINA STUPCA VODE U ZDENCU h_i [m]
28.10.2014	1,79	179,31	6,21
11.11.2014	1,33	179,77	6,67
12.12.2014	1,71	179,31	6,21
19.12.2014	1,73	**179,29**	6,19
21.12.2014	1,78	179,24	6,14
14.1.2015	1,72	179,30	6,20
17.2.2015	1,72	**179,30**	6,20
21.2.2015	1,71	179,31	6,21
3.3.2015	1,69	179,33	6,23
17.3.2015	1,78	**179,24**	6,14

ZDENAC 3

U mjestu Furdini mjerene su razine vode (Tablica 6.5.) u lokalnom zdencu iz 1936. god. Koordinate zdenca (Slika 6.8.) su: 45°52'26" S 16°04'37" I. Zdenac je građen od lapora, a nalazi se na elevaciji od 175 m n.m. Visina stupca zdenca je 1 m i promjer zdenca je 1 m, odnosno r = 0,5 m => $r^2\pi = 0{,}7854\ m^2$. Dubina zdenca mjerena 14.1.2015 je 5,68 m – stupac (1 m) + 0,08 m = 4,76 m. Starost naslaga ispod površine tla je procijenjena na gornji panon.



Slika 6.8. Zdenac 3 u Furdinima

Tablica 6.5. Razine vode u zdencu 3

DATUM	DUBINA DO VODE [m]	RPV [m n.m.]	VISINA STUPCA VODE U ZDENCU h_i [m]
21.10.2014	2,38	173,62	3,47
12.12.2014	2,80	173,12	2,97
19.12.2014	2,28	**173,64**	3,49
21.12.2014	2,36	173,56	3,41
14.1.2015	2,07	173,85	3,70
17.2.2015	2,04	**173,88**	3,73
3.3.2015	2,17	173,75	3,60
17.3.2015	2,48	**173,44**	3,20

PROTOK 3

Na potoku Jalševec (Slika 6.9.) blizu mjesta Furdini, nizvodno od pritoka od kaptiranog izvora Furdini, na elevaciji od 172 m n.m. mjeren je protok (Tablica 6.6.) metodom plovka. Podlogu potoka čini šljunak i pijesak. Starost naslaga ispod površine tla procijenjena je na gornji panon – donji pont.



Slika 6.9. Potok Jalševec

Tablica 6.6. Vrijednosti za protok 3

DATUM	SREDNJA DUBINA VODOTOKA [m]	SREDNJA ŠIRINA VODOTOKA [m]	PUT MJERENJA s [m]	$t_{PUTOVANJA\ PLOVKA}$ [s]	SREDNJE $t_{PUTOVANJA\ PLOVKA}$ [s]	v[dm/s]	Q (A*v) [l/s]
21.10.2014	0,14	1,06	7,5	18, 17, 17,8	17,60	4,26	42,13
12.12.2014	-	-	1,2	17,3, 17,29, 18,90	17,83	6,74	-
19.12.2014	0,06	1,30	8,0	14, 15,2, 13	14,56	5,49	**28,55**
17.2.2015	0,14	0,95	10,0	12,5, 12,99, 13,57	13,00	7,69	**62,21**

ZDENAC 4

U starom zdencu u šumi (Slika 6.10.) na padini kod Ćuka, udaljenom 25 – 30 m od ceste mjerene su razine vode (Tablica 6.7.). Zdenac je iz 1949. godine, a stijenke zdenca su od komada lapora. Koordinate zdenca su: 45°52'25" S 16° 04' 05" I. Dubina zdenca je 11,91 m, srednja visina stupca je 0,95 m, a nalazi se na elevaciji od 254 m n.m. Promjer zdenca je 1,1 m, odnosno r = 0,55 m => $r^2\pi = 0{,}9503\ m^2$. Starost naslaga ispod površine tla je procijenjena na donji pont.



Slika 6.10. Zdenac 4 u šumi i građa zdenca

Tablica 6.7. Razine vode u zdencu 4

DATUM	DUBINA DO VODE [m]	RPV [m n.m.]	VISINA STUPCA VODE U ZDENCU h_i [m]
17.2.2015	6,18	**248,69**	6,60
3.3.2015	6,17	248,70	6,61
17.3.2015	6,18	**248,69**	6,60

ZDENAC 5

U zdencu Ćuki (Slika 6.11.) koji se nalazi uz Jalševečku cestu na elevaciji 268 m n.m. mjerene su razine vode (Tablica 6.8.). Koordinate zdenca su: 45°52'24" S 16° 04' 02" I. Stijenke zdenca su od lapora, konglomeratičnog vapnenca i masivnog vapnenca. Visina stupca zdenca je 0,85 m, promjer zdenca je 1,35 m, a radijus r = 0,675 m => odnosno $r^2\pi = 1{,}4314\ m^2$. Dubina zdenca je otprilike 34 m. Starost naslaga ispod razine tla je procijenjena na donji pont.



Slika 6.11. Zdenac 5 u Ćukima

Tablica 6.8. Razine vode u zdencu 5

DATUM	DUBINA DO VODE [m]	RPV [m n.m.]	VISINA STUPCA VODE U ZDENCU h_i [m]
28.10.2014	7,76	261,01	27,01
11.11.2014	9,90	258,87	24,87
12.12.2014	10,27	258,50	24,50
19.12.2014	10,83	**257,94**	23,94
21.12.2014	10,87	257,90	23,90
14.1.2015	10,49	258,28	24,28
17.2.2015	10,27	**258,50**	24,50
21.2.2015	9,62	259,15	25,15
3.3.2015	9,13	259,64	25,64
17.3.2015	11,81	**256,96**	22,96

IZVOR 2

Na kaptiranom izvoru Svibovci (Slika 6.12.) voda se 3.3.2015 nalazi u razini tla, na elevaciji od 240 m n.m.. Zdenac je u obliku 9 – erokuta, može se aproksimirati krugom srednjeg promjera 1,76 m. Dubina zdenca je 3,90 m. U tlu ima mnogo glinovite komponente te je prisutno veliko površinsko otjecanje (Slika 6.13.). Starost naslaga ispod razine tla je procijenjena na gornji panon – donji panon.



Slika 6.12. Kaptirani izvor 2 u Svibovcima



Slika 6.13. Otjecanje podno kaptiranog izvora Svibovci

ZDENAC 6

Blizu okretišta Jalševec mjerena je razina vode (Tablica 6.9.) u javnom zdencu (Slika 6.14.). Koordinate zdenca su: 45°52' 47" S 16°04'39" I. Zdenac se nalazi na elevaciji 205 m n.m. Visina stupca zdenca je 0,85 m, a promjer zdenca je 0,5 m, odnosno r = 0,25 m => $r^2\pi$ = 0,1963 m^2. Dubina zdenca je 49,52 m – stupac (0,85 m) + 0,08 m = 48,75 m. Starost naslaga ispod razine tla je procijenjena na gornji panon.



Slika 6.14. Zdenac 6

Tablica 6.9. Razine vode u zdencu 6

DATUM	DUBINA DO VODE [m]	RPV [m n.m.]	VISINA STUPCA VODE U ZDENCU h_i [m]
28.10.2014	4,67	201,10	44,85
11.11.2014	7,80	197,97	41,72
12.12.2014	7,33	198,44	42,19
19.12.2014	7,91	**197,86**	41,61
21.12.2014	8,12	197,65	41,40
14.1.2015	5,79	199,98	43,73
17.1.2015	5,56	200,21	43,96
17.2.2015	6,27	**199,50**	43,25
21.2.2015	7,47	198,30	42,05
17.3.2015	8,22	**197,55**	41,30

PROTOK 4

Od okretišta Jalševec, otprilike na pola puta prema izvoru Koritača, sa lijeve strane makadama u šumi, na elevaciji 216 m n.m. mjeren je (Slika 6.15.) protok potoka Jalševec (Tablica 6.10). Iz korita potoka je 19.12.2014 uzet je uzorak broj 26 (deluvij) koji se sastoji od gline sa uloščima šljunka i pijeska (Slika 6.16.). Starost naslaga ispod razine tla je procijenjena na gornji panon.



Slika 6.15. Mjerenje protoka 4 u gornjem dijelu potoka Jalševec

Tablica 6.10. Vrijednosti za protok 4

DATUM	SREDNJA DUBINA VODOTOKA [m]	SREDNJA ŠIRINA VODOTOKA [m]	PUT mjerenja s [m]	$t_{PUTOVANJA\ PLOVKA}$ [s]	SREDNJE $t_{PUTOVANJA\ PLOVKA}$ [s]	v [dm^2/s]	V [dm^3]	Q (V/t) [l/s]
19.12.2014	0,110	1,400	6,40	27, 35, 39, 31, 37	33,80	1,93	985,6	**29,16**
17.2.2015	0,113	1,150	5,50	15,1, 16,9, 15,6	15,87	3,47	716,6	**45,16**



Slika 6.16. Potok Jalševec i materijal u njemu

IZVOR 3

Jedan od izvora potoka Jalševec je kaptirani izvor Koritača (Slika 6.17.). Radi se o stalnome izvoru, na kontaktu propusnog i nepropusnog. Nepropusno tlo na ovome mjestu je glinoviti lapor. Na točki je mjeren protok vodotoka metodom posude (Tablica 6.11.). Starost naslaga ispod površine tla je procijenjena na gornji baden.



Slika 6.17. Izvor 3 Koritača

Tablica 6.11. Vrijednosti kapaciteta izvora 3

DATUM	$t_{VRIJEME\ PUNJENJA\ POSUDE}$ [s]	SREDNJE $t_{VRIJEME\ PUNJENJA\ POSUDE}$ [s]	V_{POSUDE} [dm^3]	Q (V/t) [l/s]
21.12.2014	8,79, 9,06, 8,91	8,92	0,5	0,056
14.1.2015	9,12, 9,19, 8,89	9,07	0,5	0,055
17.2.2015	11,2, 10,15, 10,11	10,49	0,5	**0,048**
21.2.2015	10,09, 10,12, 10,03	10,08	0,5	0,050

ZDENAC 7

U dvorišnom zdencu (Slika 6.18.) blizu okretišta Jalševec, na elevaciji od 204 m n.m., mjerena je razina vode (Tablica 6.12.). Koordinate zdenca su: 45°52' 51" S 16°04'31" I. Visina stupca zdenca je 0,85 m, promjer zdenca je 0,60 m, a radijus r = 0,3 m => $r^2\pi = 0{,}2827\ m^2$. Dubina zdenca je 11,60 m – 0,85 m + 0,08 m = 10,83 m. Zdenac je uži pa se brže puni, ali i brže prazni. Starost naslaga ispod razine tla je procijenjena na gornji panon.



Slika 6.18. Zdenac 7

Tablica 6.12. Razine vode u zdencu 7

DATUM	DUBINA DO VODE [m]	RPV [m n.m.]	VISINA STUPCA VODE U ZDENCU h_i [m]
19.12.2014	4,07	**200,70**	7,53
21.12.2014	4,43	200,34	7,17
14.1.2015	2,46	202,31	9,14
17.2.2015	2,32	**202,45**	9,28
21.2.2015	2,73	202,04	8,87
3.3.2015	2,54	202,23	9,06
17.3.2015	4,50	**200,27**	7,10

ZDENAC 8

Nekoliko metara dalje od prethodne točke mjerena je razina vode u zdencu (Tablica 6.13.) na 205 m n.m. Koordinate zdenca su: 45°52' 52" S 16°04'30" I. Visina stupca zdenca je 0,80 m, a promjer zdenca 1,10 m, r = 0,55 m => $r^2\pi$ = 0,3025 m^2. Dubina zdenca je 9,26 m – stupac (0,80) + 0,08 m = 8,54 m. Zdenac (Slika 6.19.) je širi, sporije se puni, sporije prazni. Starost naslaga ispod razine tla je procijenjena na gornji panon.



Slika 6.19. Zdenac 8 i građa zdenca

Tablica 6.13. Razine vode u zdencu 8

DATUM	DUBINA DO VODE [m]	RPV [m n.m.]	VISINA STUPCA VODE U ZDENCU h_i [m]
19.12.2014	2,97	**202,75**	6,29
21.12.2014	3,27	202,45	5,99
14.1.2015	3,17	202,55	6,09
17.2.2015	2,91	**202,81**	6,35
21.2.2015	2,89	202,83	6,37
3.3.2015	2,63	203,09	6,63
17.3.2015	3,11	**202,61**	6,15

ZDENAC 9

U kopanom zdencu u dvorištu (Slika 6.20.), na elevaciji od 197 m n.m., mjerene su razine vode (Tablica 6.14.). Koordinate zdenca su: 45°52' 14" S 16°03'39" I. Visina stupca zdenca je 0,90 m, a promjer zdenca je 1 m, odnosno polumjer r = 0,5 m => $r^2\pi$ = 1,57 m^2. Dubina zdenca je 7,4 m. Na dubini od 0,41 m od tla postoji odvodna cijev za višak vode u kanalizaciju. Stanari kažu da se razina vode tokom ljeta spusti i do 5 metara. Starost naslaga ispod površine tla je procijenjena na donji pont.



Slika 6.20. Zdenac 9 i građa zdenca

Tablica 6.14. Razine vode u zdencu 9

DATUM	DUBINA DO VODE [m]	RPV [m n.m.]	VISINA STUPCA VODE U ZDENCU h_i [m]
11.11.2014	1,51	196,39	6,79
12.12.2014	1,32	196,50	6,90
19.12.2014	1,50	**196,32**	6,72
14.1.2015	1,41	196,41	6,81
17.2.2015	1,37	**196,45**	6,85
17.3.2015	2,72	**195,10**	5,50

ZDENAC 10

Nekoliko metara dalje od prethodne točke, na 203 m n.m. mjerene su razine vode (Tablica 6.15.) u dvorišnom zdencu. Koordinate zdenca (Slika 6.21.) su: 45°52' 15" S 16°03'38" I. Zdenac je betonski, visina stupca je 0,87 m, a promjer zdenca je 0,70 m, odnosno r = 0,35 m => $r^2\pi = 0{,}3848$ m^2. Dubina zdenca je 12,50 m – 0,87 m (stupac) + 0,08 m (dio koluta) = 11,71 m. Starost naslaga ispod površine tla je procijenjena na donji pont.



Slika 6.21. Zdenac 10

Tablica 6.15. Razine vode u zdencu 10

DATUM	DUBINA DO VODE [m]	RPV [m n.m.]	VISINA STUPCA VODE U ZDENCU h_i [m]
11.11.2014	3,40	200,47	9,18
12.12.2014	3,85	200,02	8,73
19.12.2014	4,33	**199,64**	8,35
21.12.2014	4,24	199,55	8,26
14.1.2015	3,75	200,04	8,75
17.2.2015	3,74	**200,05**	8,76
21.2.2015	3,86	199,93	8,64
17.3.2015	4,37	**199,42**	8,13

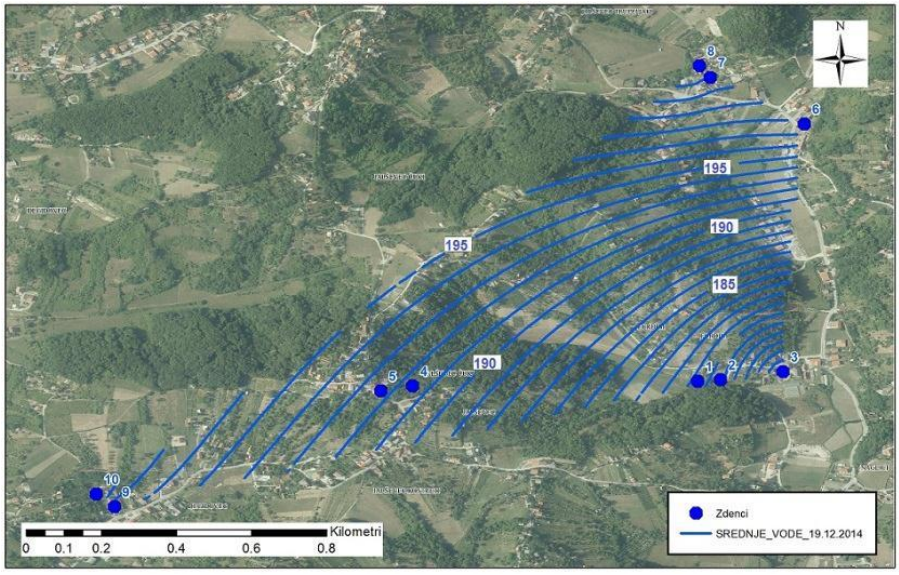
Razina podzemne vode mjeri se u pijezometrima (opažačkim bušotinama), te u kopanim i bušenim zdencima. RPV mjeri se konstantno na raspoloživim mjernim bušotinama na istraživačkom terenu u svrhu dobivanja karte ekvipotencijala (linije jednake razine podzemne vode). Iz karte ekvipotencijalnih linija (Slika 6.22.) može se odrediti smjer podzemne vode (okomito na ekvipotencijale u smjeru pada potencijala, tj. u smjeru pada RPVa), te se izračunava hidraulički gradijent i:

$i = (h_2 – h_1) / l = \Delta h / l = 12 \text{ m} / 1250 \text{ m} = 0{,}0096$

i – hidraulički gradijent (pad potencijala) [-]

Δh – razlika između razine RPV dva pijezometra (zdenca) [m]

l – razmak (duljina) između dva pijezometra (zdenca) [m]



Slika 6.22. Karta ekvipotencijala za srednje vode na dan 19.12.2014

7. Zaključak

Cilj ovoga rada bio je geološki i hidrogeološki istražiti šire područje naselja Ćuki, odnosno naslage Jalševca. Za područje istraživanja odabran je gornji tok potoka Jalševec. Pokušalo se odrediti na kojoj dubini se nalazi podzemna voda, odnosno na kojoj dubini se zadržava većina procjedne vode. Mjereni su protoci potoka i kapaciteti izvora te razine vode u lokalnim zdencima. Izračunato je na kojoj se nadmorskoj visini nalazi voda u pojedinom zdencu te je pomoću programa Surfer izvršena interpolacija. S obzirom na pretpostavljenu veliku debljinu pontskih i panonskih naslaga, koje je točnije moguće odrediti jedino istražnom bušotinom, utvrđeno je da se podzemna voda na području Ćuka nalazi na većoj dubini čemu doprinosi raspucalost (velika tektonska poremećenost naslaga) koja pogoduje dubljem procjeđivanju. Generalni tok podzemne vode je od sjeverozapada prema jugoistoku. Razina podzemne vode se, gledajući sa sjevera odnosno sjeverozapada na jug odnosno jugoistok istraživanog terena, zadržava na 206 do 176 m nad morem što je pomoću programa Surfer i ArcGis prikazano pomoću ekvipotencijala u prilogu. Hidraulički gradijent je 0,0096. Teren je također geološki istražen što je prikazano u terenskom dnevniku u 30 točaka sa kojih su opisani izdanci i uzeti uzorci pomoću kojih je uz pomoć litarature i geološke karte određena približna starost. Sve geološke točke, izvori i zdenci te mjesta mjerenih protoka prikazani su također u programu ArcGis i dani u prilogu.

7. Literatura

AVANIĆ, R. (1997): Analiza facijesa srednjeg miocena jugoistočnog dijela Medvednice/ Magistarski rad. Zagreb: Prirodoslovno-matematički fakultet, 16. 05. 1997, 54 str.

BALEN, I., TIŠLJAR, J., MAJER, V., (1975): Petrografske karakteristike lapora okolice Podsuseda na jugozapadnim obroncima Medvednice.– Geol. vjesnik, 28,167–172, Zagreb.

BAJRAKTAREVIĆ, Z. (1976): O pretaloženoj tortonskoj i sarmatskoj foraminiferskoj fauni Markuševca kod Zagreba. Geol. vjesnik, 29, Zagreb.

BAJRAKTAREVIĆ, Z. (1983): Middle Miocene (Badenian and Lower Sarmatian) Nannofossils of Northern Croatia. Palaeont. jugosl., 30, Zagreb.

BASCH, O. (1983): Osnovna geološka karta SFRJ, List Ivanić – Grad 1:100,000 L 33 – 81, Redakcija i izdanje Saveznog geološkog zavoda Beograd 1981.

BASCH, O. (1983): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100,000, Tumač za list Ivanić – Grad L 33 – 81, Redakcija i izdanje Saveznog geološkog zavoda Beograd 1981.

BASCH, O. (1990): Cardiidae (Mollusca, Lamellibranchiata) pontskog kata u Hrvatskoj. Paleontol. jugosl., 39, Zagreb.

BASCH, O. & ŽAGAR – SAKAČ, A. (1992): Dreissenidae – Mollusca, Lamellibranchiata – pontskog kata u Hrvatskoj.- Acta geol., Hrv. akad. znan. i umjetn., Zagreb, 22/1, 1-46.

BASCH, O. (1995): Geološka karta Medvednice, Institut za geološka istraživanja – Zagreb, Zagreb.

BRUSINA, S. (1874): Prilozi paleontologiji hrvatskoj ili kopnene i sladkovodne terciarne izkopine Dalmacije, Hrvatske i Slavonije.- Rad Jugosl. akad. znan. i umjetn., Zagreb, 28, 1-109.

BUCKOVIĆ, D. (2006): Historijska geologija, Mezozoik i Kenozoik , udžbenici sveučilišta u Zagrebu.

GORJANOVIĆ – KRAMBERGER, D. (1882): Die jungterziäre Fischfauna Croatiens, I. Teil.- Beitr. Österr.-Ungar. Orients, Wien, 2, 86-135.

GORJANOVIĆ – KRAMBERGER, D. (1884): Die jungtertiäre Fischfauna Croatiens, II Teil.- Beitr. Österr.-Ungar. Orients, Wien, 3, 65-86.

GORJANOVIĆ – KRAMBERGER, D. (1891): Palaeoichthyološki prilozi, II. dio.- Rad Jugosl. akad. znan. i umjetn., Zagreb, 106, 96-123.

GORJANOVIĆ – KRAMBERGER, D. (1908): Geologijska prijegledna karta kraljevine Hrvatske i Slavonije. Zagreb. Zone 22, col. XIV, 1:75.000. Izd. Geol. povj. u Zagrebu, Zagreb.

GORJANOVIĆ – KRAMBERGER, D. (1912): Fosilni proboscidi Hrvatske i Slavonije.- Djela Jugosl. akad. znan. i umjetn., Zagreb, 21, 1-24.

GORJANOVIĆ – KRAMBERGER, D. (1917): Tripoli ili škriljavac za laštenje iz Dolja kod Podsuseda. priroda, 7/6, Zagreb.

HERAK, M. (2006): Medvednica: zagonetno zagrebačko gorje – Hrvatska akademija znanosti i umjetnosti i Hrvatski geološki institut, 195 str., Zagreb.

JURILJ, A. (1957): Dijatomeje sarmatskog mora okolice Zagreba.- Acta biol., 1 (Prir. istraž. 28), Jugosl.akad.znan. i umjetn., Zagreb, 5-153.

KIŠPATIĆ, M. (1899): Nastavak bosanske serpentinske zone u Hrvatskoj.-Rad Jugosl.akad.znan. i umjetn., 139 (Matem.-prir.razred 27), Zagreb, 44-73.

KIŠPATIĆ, M. (1901): Rude u Hrvatskoj.- Rad Jugosl.akad.znan. i umjetn., 147 (Matem.-prir.razred 30), Zagreb, 1-104.

KIŠPATIĆ, M. (1918): Die Eruptivgesteine und kristallinische Schiefer des Agramer Gebirges.- Glasnik Hrv.prir.društva, Zagreb, 30, 1-23.

KOCHANSKY, V. (1944): Fauna marinskog miocena južnog pobočja Medvednice (Zagrebačke gore). Vjestnik 2-3, 171-280, Zagreb.

LUČIĆ, D., SAFTIĆ, B., KRIZMANIĆ, K., PRELOGOVIĆ, E., BRITVIĆ, V., MESIĆ, I., TADEJ, J. (2001): The Neogene evolution and hydrocarbon potential of the Pannonian Basin in Croatia.– Marine and Petroleum Geology, 18, 133 – 147.

MALVIĆ, T. (2003): Naftnogeološki odnosi i vjerojatnost pronalaska novih zaliha ugljikovodika u bjelovarskoj uleknini, Doktorska disertacija, Zagreb: Rudarsko – geološko – naftni fakultet.

MALVIĆ, T. & VANIČEK, V. (2006): Fotografije geoloških izdanaka na južnim rubovima Medvednice u stratigrafskom rasponu od trijasa do donjeg ponta (odabranih obzirom na naftnogeološko znacenje tih sedimenata u hrvatskom dijelu Panonskog bazena), Zagreb.

NEDĚLA DEVIDÉ, D. (1954): Izvještaj o proučavanju stratigrafskih i tektonskih odnosa gornje krede u Zagrebačkoj gori u 1952. godini. Ljetopis JAZU, 59, Zagreb.

NEDĚLA DEVIDÉ, D. (1956): O proučavanju krede na sjevernim padinama Medvednice. Ljetopis JAZU, 61, Zagreb.

PERESSON, H., DECKER, K. (1997): Far – field aspects of the late Miocene subduction in the Eastern Carpathians: E – W compression and inversion of structures in the Alpine – Carpathian – Pannonian region. Tectonophysics, 16(1), str. 38 – 56.

PILAR, Đ. (1877): Tragovi oledbe na podnožju Zagrebačke gore. – Rad Jugosl.akad.znan. i umjetn., Zagreb, 39, 142-150.

PILAR, Đ. (1881): Grundzüge der Abyssodynamik. – Comm. Verlag der Univers.Buchhandl., Agram, V + 221 str.

PILAR Đ. (1883): Flora fossilis Susedana. – Djela Jugosl.akad.znan. i umjetn., Zagreb, 4, VIII+163.

PLETIKOSIĆ, N. (2006): Inženjerski tipovi koherentnih i nekoherentnih tala neogenske i kvartarne starosti na području odabranih slivova u podsljemenskoj zoni, Diplomski rad, Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

PRELOGOVIĆ, E. (1970): Neotektonska kretanja u području između Orlovice, Samoborske gore i Medvednice. – Geol. vjesnik, 23, Zagreb.

PRELOGOVIĆ, E. (1975): Neotektonska karta SR Hrvatske. Geol. vjesnik, 28, Zagreb.

PRELOGOVIĆ, E., JAMIČIĆ, D., ALJINOVIĆ, B., VELIĆ, J., SAFTIĆ, B., DRAGAŠ, M., (1995): Dinamika nastanka struktura južnog dijela Panonskog bazena. U: 1. hrvatski geološki kongres, Opatija, 18. – 21. X. 1995. Zagreb: Institut za geološka istraživanja, str. 481 – 486.

SUČIĆ, A. (2011): Vijek trajanja proizvodnje i pridobive količine ugljikovodika u hrvatskom dijelu Panonskog bazena, Završni rad, Zagreb: Rudarsko-geološko-naftni fakultet.

ŠIKIĆ, K. (1995): Geološki vodič Medvednice – Institut za geološka istraživanja Zagreb i INA-INDUSTRIJA NAFTE d.d. Zagreb, 199 str. Zagreb.

TOMLJENOVIĆ, B. (2002): Strukturne karakteristike Medvednica i Samoborskog gorja. Neobjavljena doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 208 str., Zagreb.

TOMLJENOVIĆ, B., CSONTOS, L., MARTON, E., MARTON, P. (2008): Tectonic evolution oft he northwestern Internal Dinarides as constrained by structures and rotation of Medvednica Mountains, North Croatia, Geological Society, London, Special Publications, 298, 145-167.

VELIĆ, J., WEISSER, M., SAFTIĆ, B., VRBANAC, B. & IVKOVIĆ, Ž. (2002): Naftnogeološke značajke i istraženost triju neogenskih megaciklusa u hrvatskom dijelu Panonskog bazena. Nafta, 53(6-7), str. 239 – 249.

VELIĆ, J. (2007): Geologija ležišta nafte i plina – Rudarsko – geološko – naftni fakultet, Sveučilište u Zagrebu, Sveučilišni priručnik, 342 str.

VUKOTINOVIĆ, LJ. (1855): Bericht über die tertiären Gebilde zwischen Agram und Podsused in Croatien – Jahrb. Geol. Reichsanst., Wien, 6/1, 173.

VUKOTINOVIĆ, LJ. (1859): Die Diorite, mit den übrigen geognostischen Verhältnissen des Agramer Gebirges in Croatien. – Sitzungsber. Akad.Wiss. Math.-naturh. Classe, Wien, 38 (Separat 1860), 333-334.

VUKOTINOVIĆ, LJ. (1870): O petrefaktih u obće i o podzemnoj fauni flori susedskih laporah. – Rad JAZU, Zagreb, 13, 172 – 217.

VUKOTINOVIĆ, LJ. (1873): Trećegorje u okolini zagrebačkoj.-Rad Jugosl.akad.znan. i umjetn., Zagreb, 23, 1 – 17.

ZANINOVIĆ, K. (2008): Klimatski atlas Hrvatske (1961 – 1990., 1971 – 2000.), Zagreb.

ZAVOD ZA PROSTORNO UREĐENJE GRADA ZAGREBA (2008): Prijedlog prostornog plana područja posebnih obilježja Parka prirode Medvednica, Zagreb.

REPUBLIKA HRVATSKA MGIPU, HRVATSKI ZAVOD ZA PROSTORNI RAZVOJ, ZAVOD ZA PROSTORNO UREĐENJE GRADA ZAGREBA (2014): Prostorni plan Parka prirode Medvednica, Zagreb.

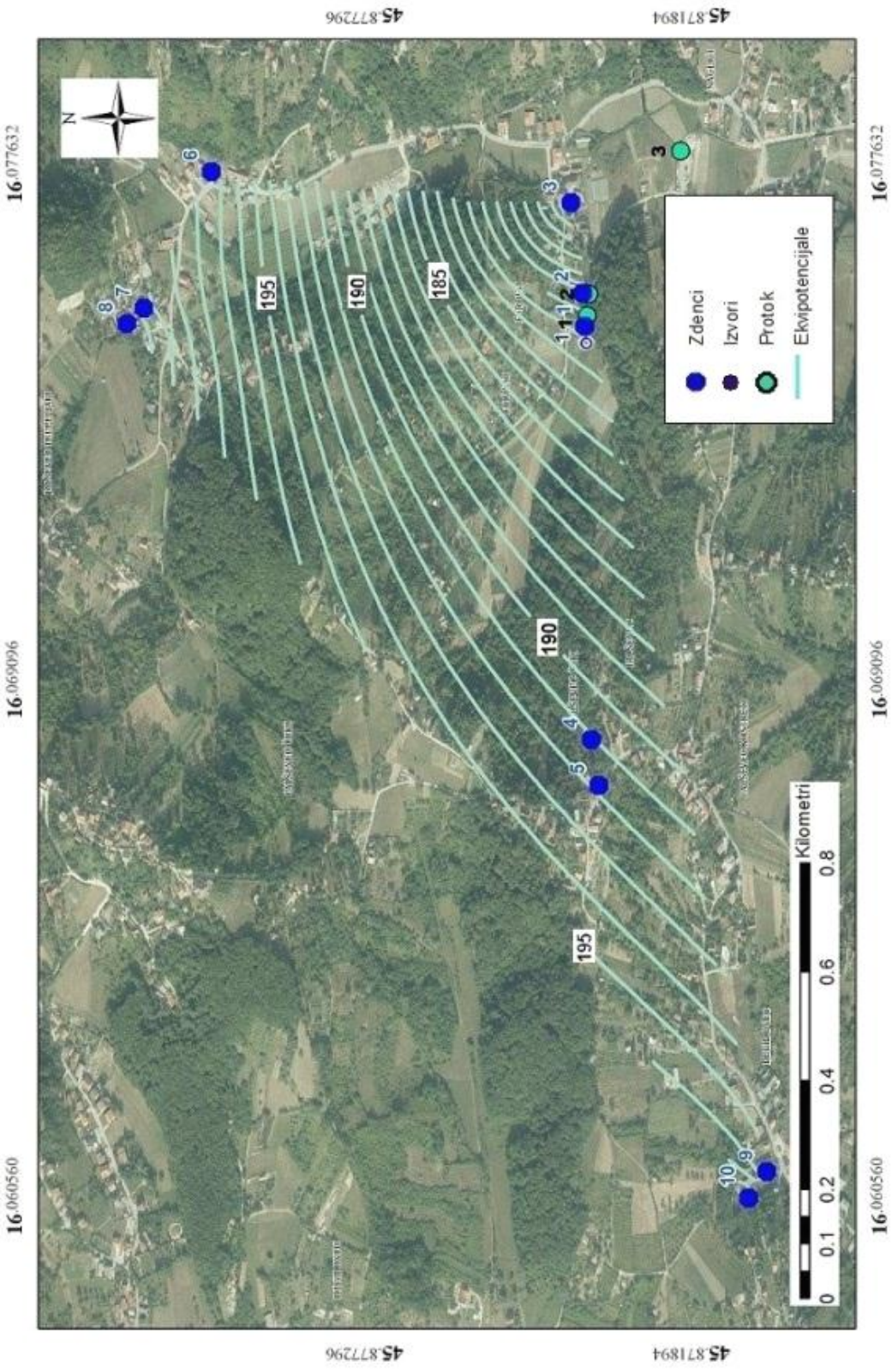
WEB IZVORI

https://www.google.com/earth/ (20.9.2015, 14:00)

http://geoportal.dgu.hr/#/ (20.9.2015, 15:00)

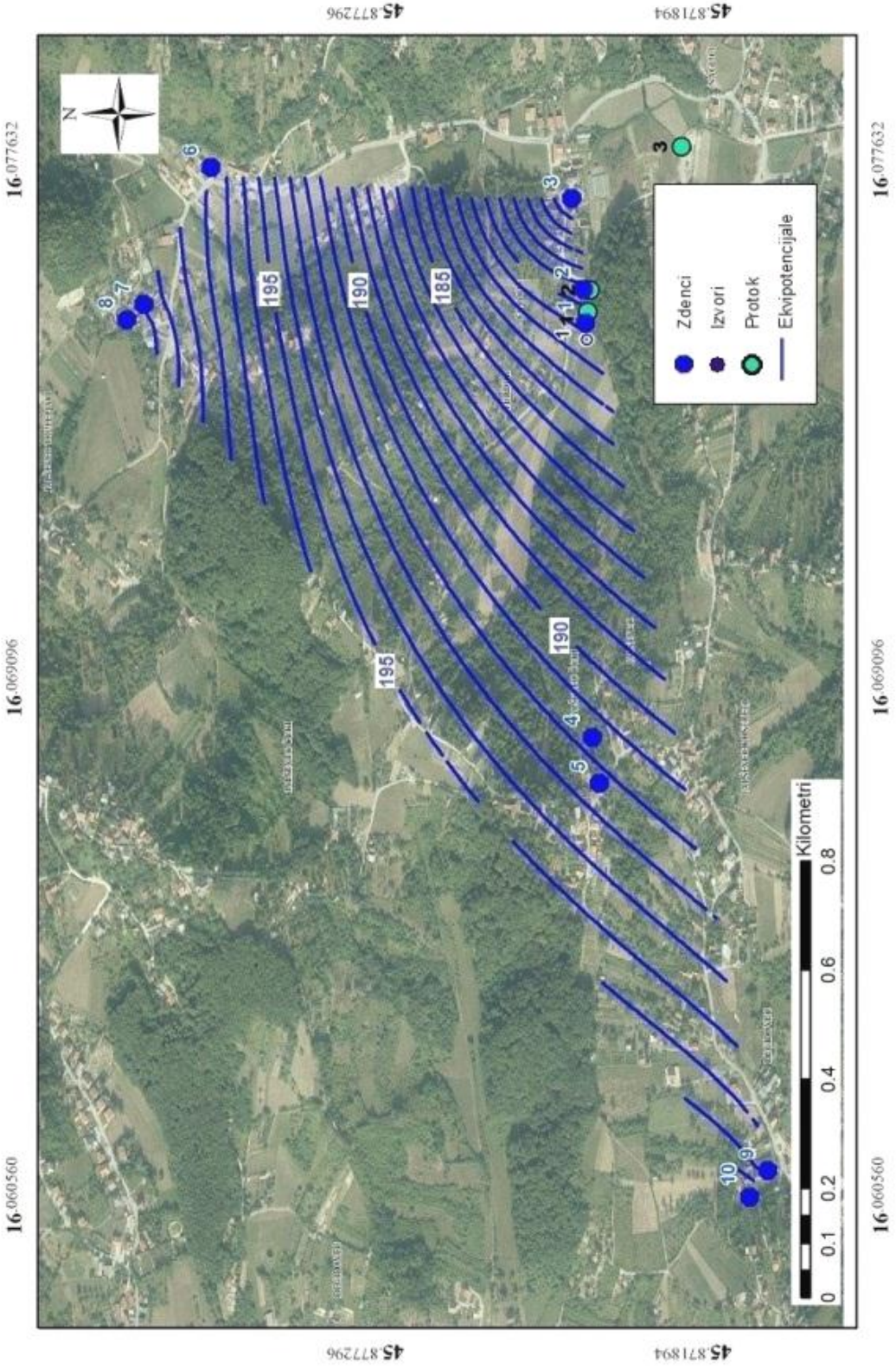
http://www.zzpugz.hr/Planovi/PP_Medvednica_sazetak.pdf

Karta ekvipotencijala za niske razine vode na dan 17.3.2015



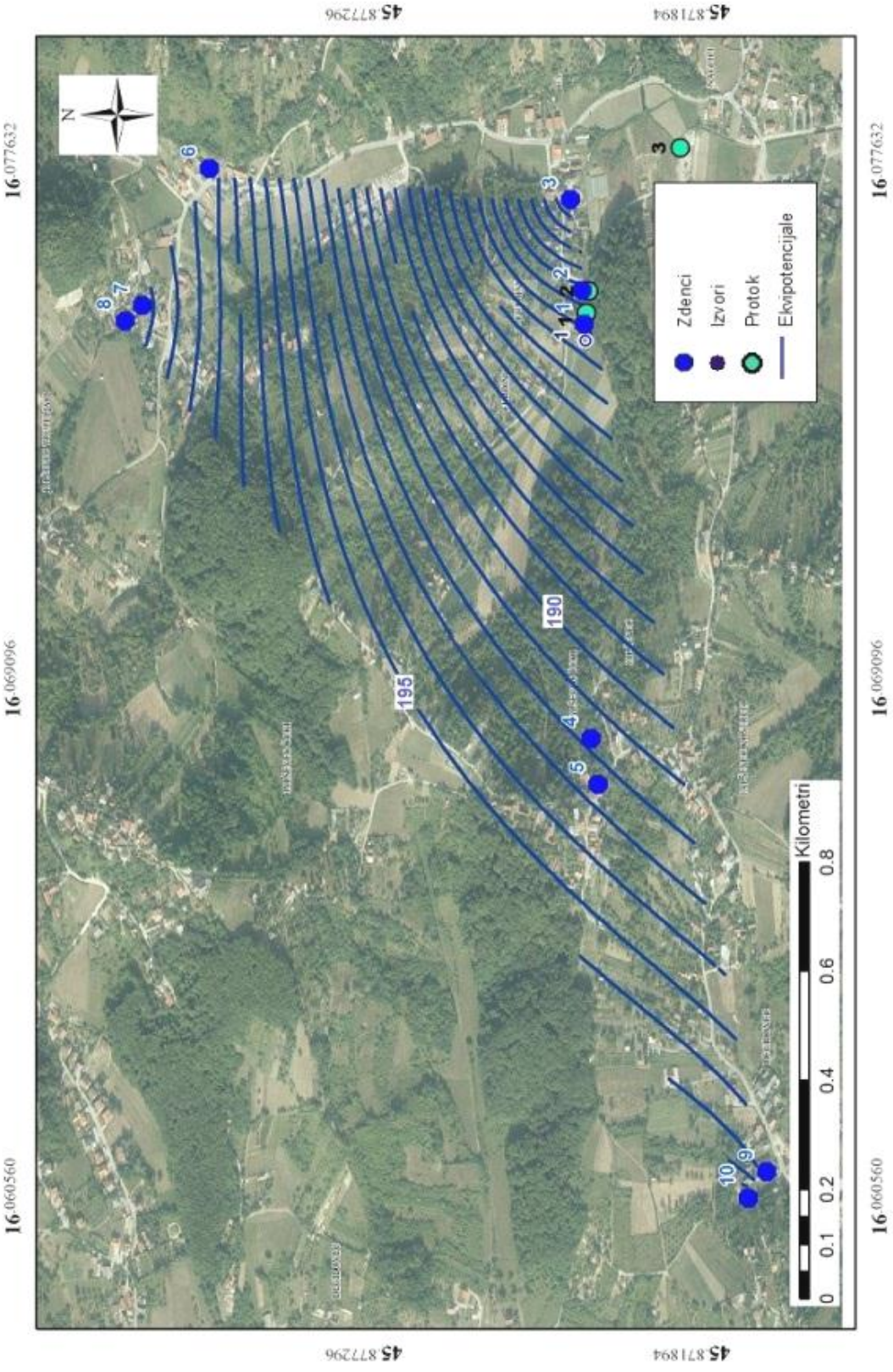
Prilog 1

Karta ekvipotencijala za srednje razine vode na dan 19.12.2014



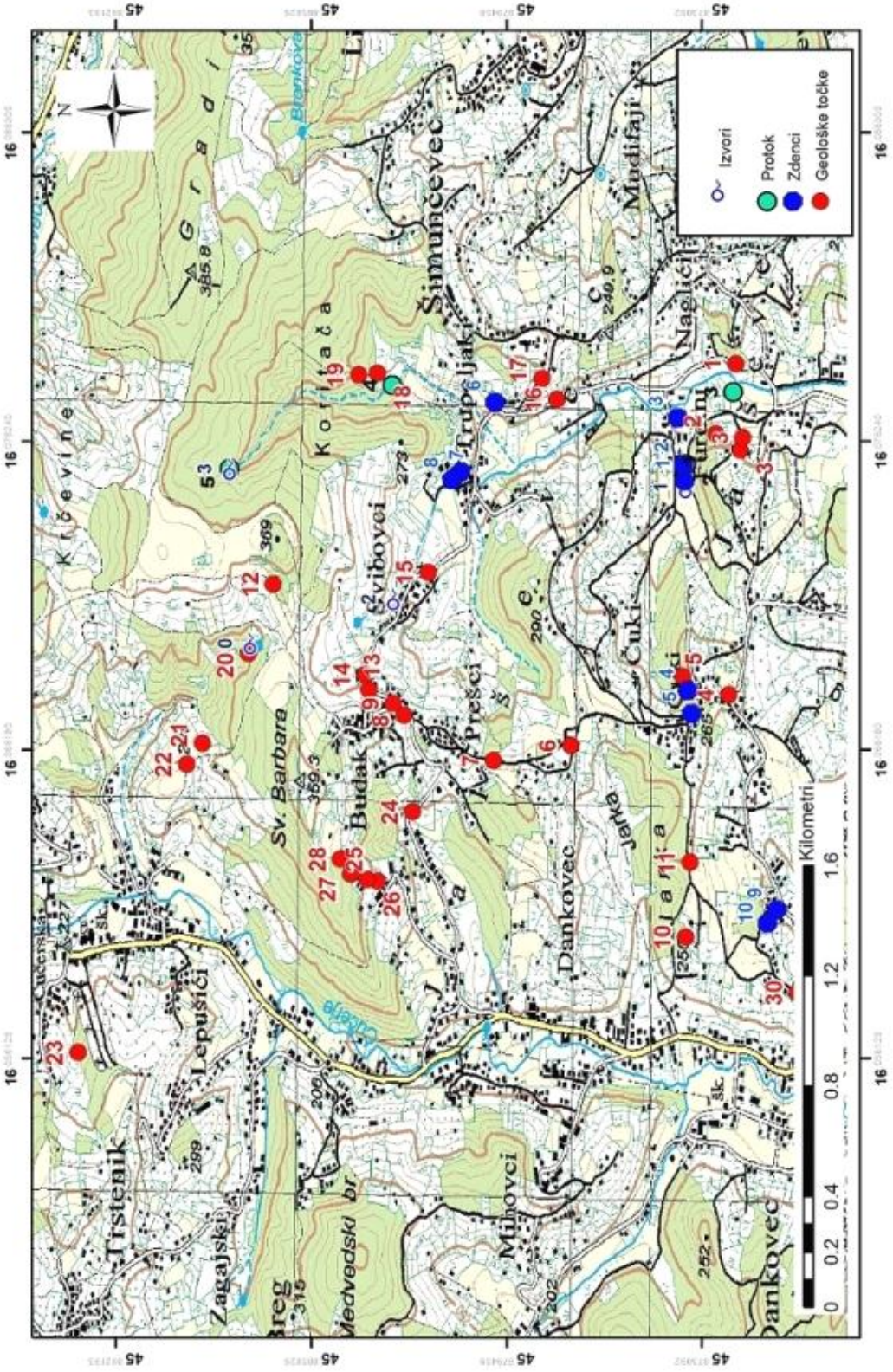
Prilog 2

Karta ekvipotencijala za visoke razine vode na dan 17.2.2015

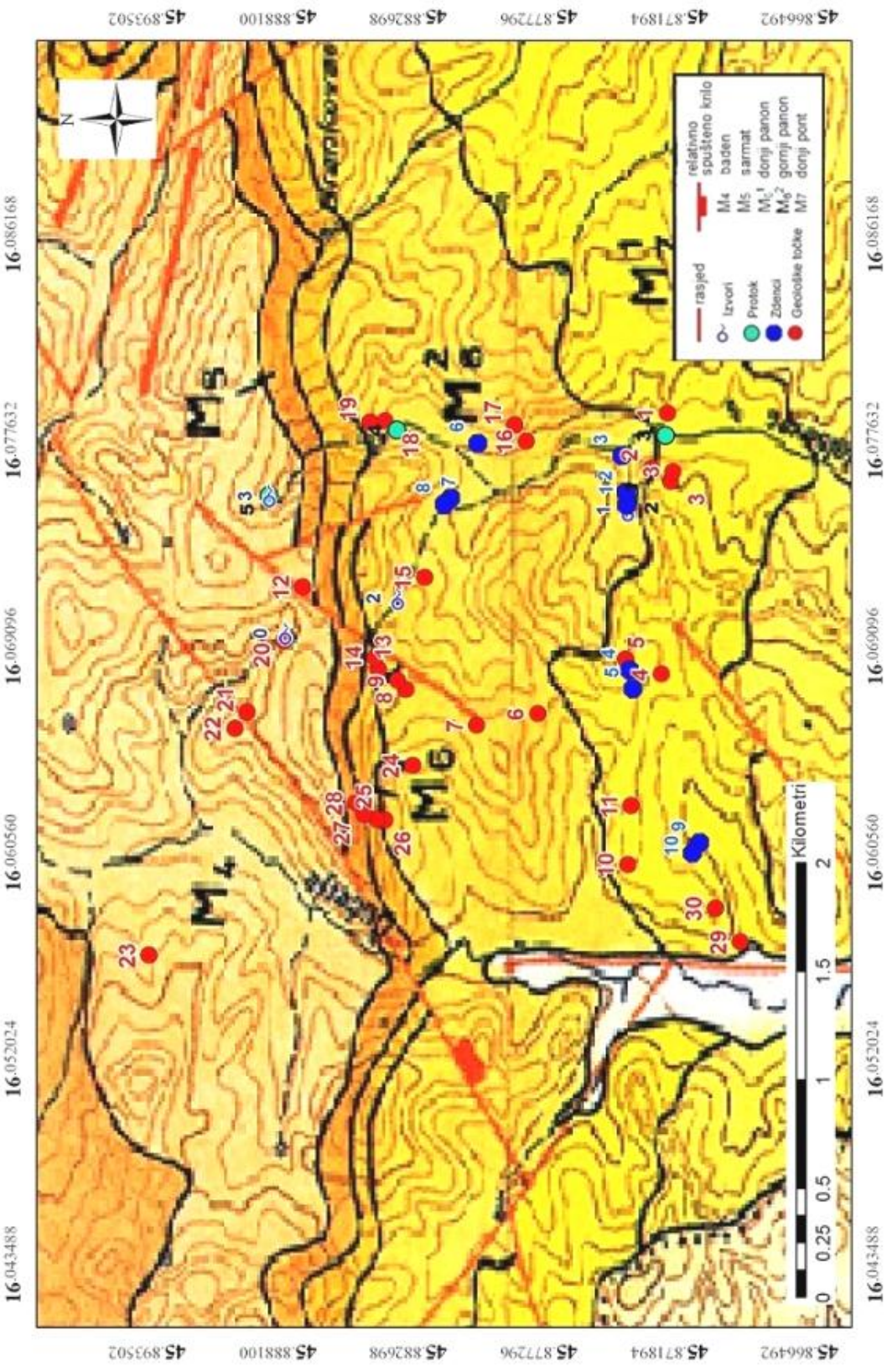


Prilog 3

Geološke točke, zdenci, izvori i mjereni protoci na topografskoj podlozi



Geološka karta istražnog terena (preuzeta iz Geološkog vodiča) dopunjena u programu GISu točkama iz terenskog dnevnika

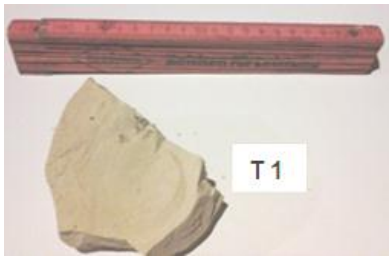


TERENSKI DNEVNIK 2014./2015.

TOČKA 1 – 21.10.2014.

Izdanak Jalševec – Mudifaji nalazi se na Branovečkoj cesti nekoliko metara sjevernije od ulice Naglići sa desne strane ceste, na elevaciji od 173 m n.m. Visina izdanka je do 3,5 m, a širina izdanka je 69 m. Radi se o slojevitom, limonitiziranom laporu orijentacije 136/34. Slojevi lapora debeli su od 9 – 12 cm, dok su lamine debele 2 mm. Pukotine su uzdužne i poprečne na slojeve. Uzet je uzorak broj 1 u kojem su nađeni fosili – školjkaši. Determinacija: masivna vapnenačka glina. Starost naslaga je procijenjena na gornji panon – donji pont.













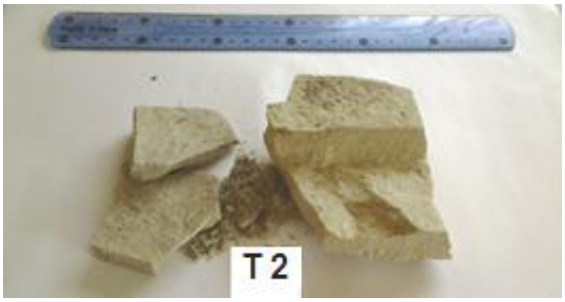
TOČKA 2 – 21.10.2014.

Izdanak lapora u obliku velikih stepenica nalazi se uz makadam južno od naselja Furdini, pored šume, na elevaciji od 184 do 200 m n.m. Visina pojedine stepenice je oko 180 cm, a dužina 12 m (nagnute su po osnovici od 20 cm). Počevši odozdo, na drugoj „stepenici“ lijevi dio čini masivni raspucali lapor, a srednji dio čini slojeviti lapor orijentacije 88/21. Slojevi su debljine 1,5 cm sa žutim laminama debljine 2 mm u bijelo – sivoj stijeni. Pod prstima se osjeća glina, ali se i trusi. Uzorak je žućkasto – smeđe – crven, mrvi se i svjetluca. Determiniran je kao slabo vezani lapor s više glinovite komponente i uloščima pijeska. Prisutna je limonitizacija. Na četvrtoj „stepenici“ javlja se izmjena sivih lapora i žućkastih slojevitih lapora orijentacije 86/22. Na petoj „stepenici“ javlja se također sivi i žućkasti lapor. Radi se o izmjeni sivih lapora s više glinene komponente te tankim proslojcima limonita. Javljaju se dijagonalne i uzdužne pukotine.

Starost naslaga je procijenjena na gornji panon – donji pont.











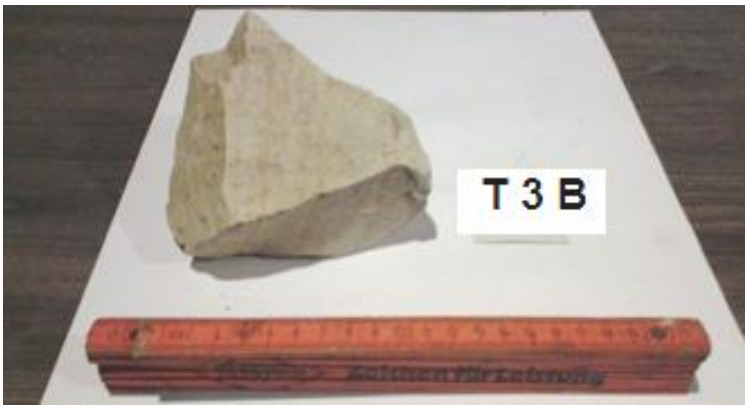
TOČKA 3A – 21.10.2014.

Južnije od prethodne točke na manjem neasfaltiranom odvojku ulice Furdini, na elevaciji od 201 m n.m. nalazi se izdanak raspucalog lapora. Uzet je uzorak broj 7A koji je svijetliji, tvrđi te trošen. Javlja se limonitizacija. Radi se o masivnom do slojevitom glinovitom vapnencu sa uloščima vapnenačkih pješčenjaka, slojevi su debljine od 3 do 5 cm, a mineralni sastav čine kalcit, minerali glina i getit. Starost je procijenjena na donji pont.



TOČKA 3B – 21.10.2015.

Po istoj, neasfaltiranoj cesti kao na prethodnoj točki, ali na nižoj nadmorskoj visini, od 190 m n.m., uzet je uzorak lapora. Radi se o tvrđem vapnencu – svijetlijem, bijelo – sivom (sa više kalcija), ljepljivom te manje erodiranom. Uzorak lapora je determiniran je kao masivni glinoviti vapnenac sa tankim proslojcima vapnenačkih pješčenjaka dok mineralni sastav čine kalcit, minerali glina, getit i hematit. Starost naslaga je procijenjena na donji pont.



TOČKA 4 – 28.10.2014.

Izdanak Ćuki nalazi se uz Jalševečku cestu na elevaciji od 285 m n.m. Radi se o mekanoj glini s proslocima, uloščima pijeska. Visina izdanka je 280 cm, a širina izdanka 8 m. Proslojci kreću na 150 cm, sivi su i žuti – proslojci pjeskovitog lapora (svijetlije boje – više kalcitne komponente). Mineralni sastav čine kalcit, minerali gline i limonit. Niže od izdanka nalaze se 3 zatrpana bunara i manje klizište. Starost naslaga je procijenjena na donji pont.



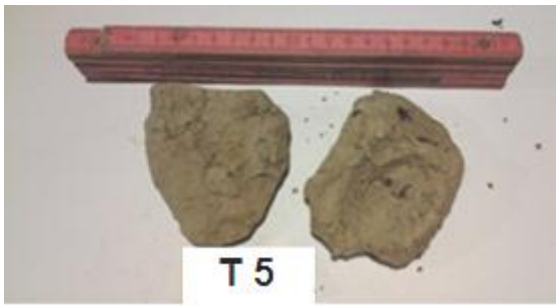
TOČKA 5 – 28.10.2014.

Izdanak se nalazi kod naselja Ćuki u šumi, u korijenju drveća, 10 m iznad potočića sa deluvijalnom glinom – masnom „ilovačom“, na elevaciji od 250 m n.m. Radi se o laporu s više glinovite komponente, sivom sa žutim proslojcima, kojega prekriva debeli sloj humusa. Uzeti su uzorci broj 10 te su snimljene fotografije. Determinacijom je određeno da se radi o masivnom laporu s više glinovite komponente sa uloščima vapnenačkih pješčenjaka koji su crveno – smeđe boje, a mineralni sastav čine kalcit, minerali glina i getit. Starost naslaga je procijenjena na donji pont.









TOČKA 6 – 28.10.2014.

Od mjesta Ćuki prema Svetoj Barbari, na elevaciji od 270 m n.m., nalazi se iskopna jama dubine 180 cm za buduću septičku. Od razine tla do 15 cm u dubinu nalazi se humus, zatim slijedi 30 cm lapora sa više glinovite komponente, 27 cm izmjene slojeva razlomljenih lapora debljine 5 cm, zatim 40 cm masivnog čvrstog lapora, sa više vapnenačke komponente i fosilnim sadržajem, sloj je gotovo horizontalan te do kraja iskopne jame, oko 50- 55 cm slijedi razlomljeni glinoviti lapor. Starost naslaga je procijenjena na gornji panon.

Determinacija za jedan od uzoraka: slojeviti konglomeratični pješčenjak, slojevi su debljine od 1,5 do 3 cm.





TOČKA 7 - 28.10.2014.

Izdanak limonitiziranog lapora sa više glinovite komponente. Visina izdanka je do 6 m, a dužina izdanka 46 koraka x 0,7 m = 32,2 m.

Determinacijom je utvrđeno da se radi o masivnom glinovitom vapnencu, a mineralni sastav čine kalcit, minerali glina i getit. Prisutan je rasjed te se smatra da je tvrđa stijena zbog njega izašla „van“. Na lijevom dijelu izdanka se nalazi glina s uloščima pijeska, a na desnom dijelu je raspucali, masivni lapor.

Starost naslaga je procijenjena na gornji panon.







TOČKA 8 – 28.10.2014.

Izdanak litotamnijskog vapnenca i pješčenjaka nalazi se u ulici Sv. Barbare kod križa, na elevaciji od 293 m n.m.. Širina izdanka je 10 x 0,7 m = 7 m, a visina izdanka 5 m. Slojevi pješčenjaka debljine su 3,5 cm, a orijentacije 260/58, dakle padaju prema zapadu – jugozapadu.

Uzeti su uzorci broj 8. Determinacija: a) litotamnijski vapnenac (bubrežaste građe, tvrdi), mineralni sastav čine minerali glina i kalcit, starost je procijenjena na baden; b) slojeviti kalcitni lapor sa tankim crveno – smeđim proslojcima vapnenačkih pješčenjaka, mineralni sastav čine minerali glina, kalcit i hematit, starost je procijenjena na baden; kalcitni lapor se nalazi u slojevima centimetarskih dimenzija (4 cm).

Starost naslaga je procijenjena na gornji baden (litavci) – sarmat (pješčenjak).





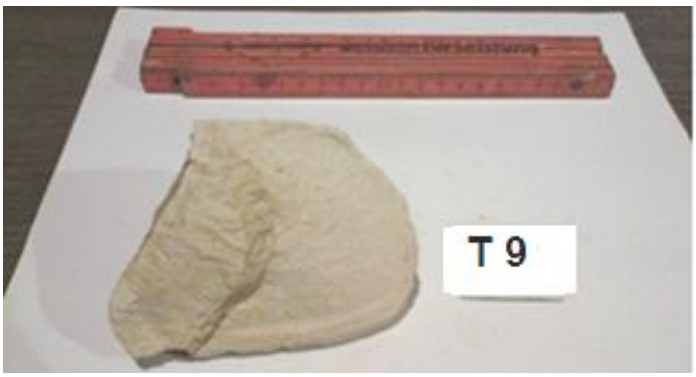
TOČKA 9 – 28.10.2014.

Izdanak pjeskovitog lapora nalazi se uz cestu, par metara dalje od križa, na elevaciji od 295 m n.m. Slojevi su debljine od 1 – 5 cm što se može vidjeti i na uzorku. Tektonski je poremećen. Visina izdanka je do 4 m, a širina izdanka 13 koraka x 0,7 m = 9,1 m. Determinacija: masivni glinoviti vapnenac sa tankim proslojcima vapnenačkih pješčenjaka (žućkasti). Imamo lapor s više glinovite komponente – sivi i lapor s više vapnenačke komponente – bijeli.

Starost naslaga je procijenjena na gornji baden (glinoviti vapnenac) – sarmat (pješčenjak).







TOČKA 10 – 11.11.2014.

Manji izdanak sa 2 vrste glina: od sive mekane do smećkaste s limonitom. Uzet je uzorak broj 10. Determinacijom je utvrđeno da se radi o laporu sa više glinene komponente te proslojcima pijeska, lapor je slabo vezan i mekan. Starost naslaga je procijenjena na donji pont.





TOČKA 11 – 14.10.2014.

Izdanak slojevitog masivnog i mekanog lapora nalazi se na makadamu, iznad Jalševečke ceste i odvojka Čučerska cesta, preko puta šume na elevaciji od 251 m n.m. Visina izdanka je 120 cm, a širina izdanka je 510 cm. Slojevi lapora su debljine od 2 cm do 9 cm, a orijentacija slojeva je 142/31. Mineralni sastav čine kalcit, minerali glina i limonit. Uzet je uzorak broj 11 i snimljene su fotografije. Starost je procijenjena na gornji panon jer ima više kalcitne komponente.





TOČKA 12 – 11.11.2014.

Na makadamskom putu u usjeku, na elevaciji od 354 m n.m., iznad Sv. Barbare prema sjeveru nalazi se izdanak pjeskovitog (tvrdog) lapora. Uzet je uzorak broj 12. Determinacijom je određeno da se radi o slojevitom laporu s više kalcitne komponente, s tankim proslojcima vapnenačkih pješčenjaka (slojevi su debljine od 3 do 4 cm) te fosilnim sadržajem školjkaša. Starost je procijenjena na gornji baden.





TOČKA 13 – 11.11.2014.

Manji napušteni kamenolom Sveta Barbara nalazi se uz asfaltiranu cestu Sveta Barbara na zavoju, na koti 297 m n.m. Tektonski je jako poremećen. Kamenolom se proteže na dvije etaže. Gornju etažu čini tankoploča sti lapor. Donju etažu čini masivni kalcitni lapor sa uloščima vapnenačkog pješčenjaka te sekundarno kalcitnim žilama. Uzeti su uzorci broj 13. Izražena je limonitizacija, uzorak sadrži kalcitne žile, a mineralni sastav čine kalcit, minerali glina i getit. U lijevom dijelu donje etaže javlja se i litotamnijski vapnenac. Starost je procijenjena na gornji baden.



















TOČKA 14 – 11.11.2014.

Izdanak glinovitih lapora uz asfaltiranu cestu nalazi se blizu kamenoloma Sveta Barbara, na elevaciji od 290 m n.m. Sadrži fosile školjaka. Uzet je uzorak broj 14. Starost je procijenjena na gornji baden.





TOČKA 15 – 28.10.2014.

Na izdanku na većem zavoju asfaltirane ceste, ako se ide sa više kote (233 m n.m.) prema nižoj (229 m n.m. sve do 219 m n.m.), s lijeva na desno može se reći da u gornjem dijelu prevladava glina sa valuticama lapora i vapnenca, javlja se sivi glinoviti lapor sa vidljivom limonitizacijom. Otprilike 4 metara niže (229 m n.m.) od najviše kote točke počinje facijes sivih lapora s više glinovite komponente. Gornji dio čini žuti lapor s više vapnenačke komponente, a bazni dio sivi lapor. Naknadno je pri vrhu nađen litotamnijski vapnenac. Otprilike 10 metara niže počinje laminirani do slojeviti vapnenački pješčenjak, orijentacije 131/49. Nadalje se opet nastavlja masivni vapnenac (postoji diskontinuitet).

Determinacija za 15.a.: vapnenac, ulošci vapnenca cm do dm dimenzija nalaze se unutar glinovitih naslaga. Starost naslaga je procijenjena na gornji panon – donji panon, sa uloščima gornjeg badena, pošto je naknadno pri vrhu nađen i litotamnijski vapnenac.

Determinacija za 15.b.: lapor s više vapnenačke komponente, masivni. Starost naslaga je procijenjena na donji panon ili sarmat.

Determinacija za 15.c. i 15.d: dobroslojeviti pješčenjak, slojevi su debljine od 1,5 do 2,5 cm. Starost naslaga je procijenjena na sarmat. Kod 15.c. uzorka vidljiva je izmjena sivih i crvenkastosmeđih proslojaka,













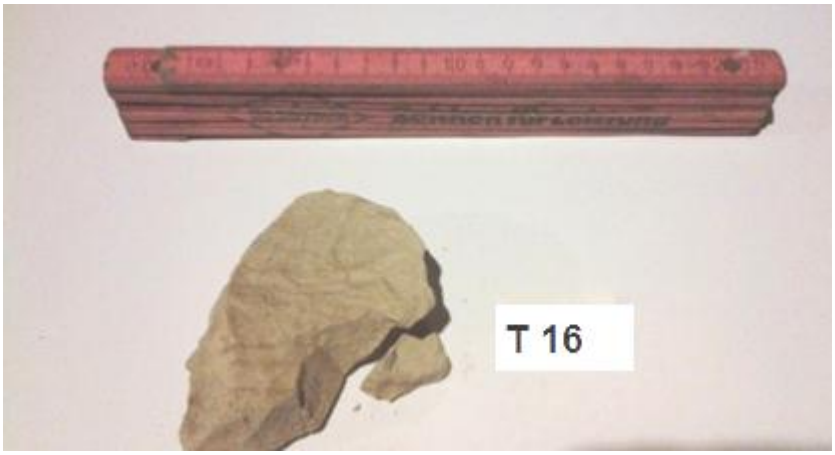




TOČKA 16 – 12.12.2014.

Izdanak glinovito – pjeskovitog lapora nalazi se 100 – 200 m dalje od prethodne točke, na elevaciji od 200 m n.m. Uzet je uzorak broj 16 u kojem su vidljivi proslojci pijesaka crvenkastosmeđe boje. Starost naslaga je procijenjena na gornji panon.





TOČKA 17 – 12.12.2014.

Nekoliko desetaka metara dalje od prethodne točke, u ulici Markovićev brijeg, nalazi se veliki izdanak lapora koji se proteže duž zavoja. Duljina izdanka je 124 koraka x 0,7 m = 86,8 m, a visina izdanka max. 15 metara. Izdanak se nalazi na elevaciji od 230 do 240 m n.m. Javljaju se 2 vrste stijena: u donjem dijelu limonitizirani lapor s više glinovite komponente i uloščima pijeska, a u gornjem dijelu koso slojeviti bijeli lapor s više vapnenačke komponente čiji su slojevi orjentacije 275/61. Vidljiva je tektonika, odnosno pukotine iznad i ispod sloja. Postoji i rasjedna ploha orjentacije 276/74. Starost naslaga je procijenjena na gornji panon.







TOČKA 18 – 21.12.2014.

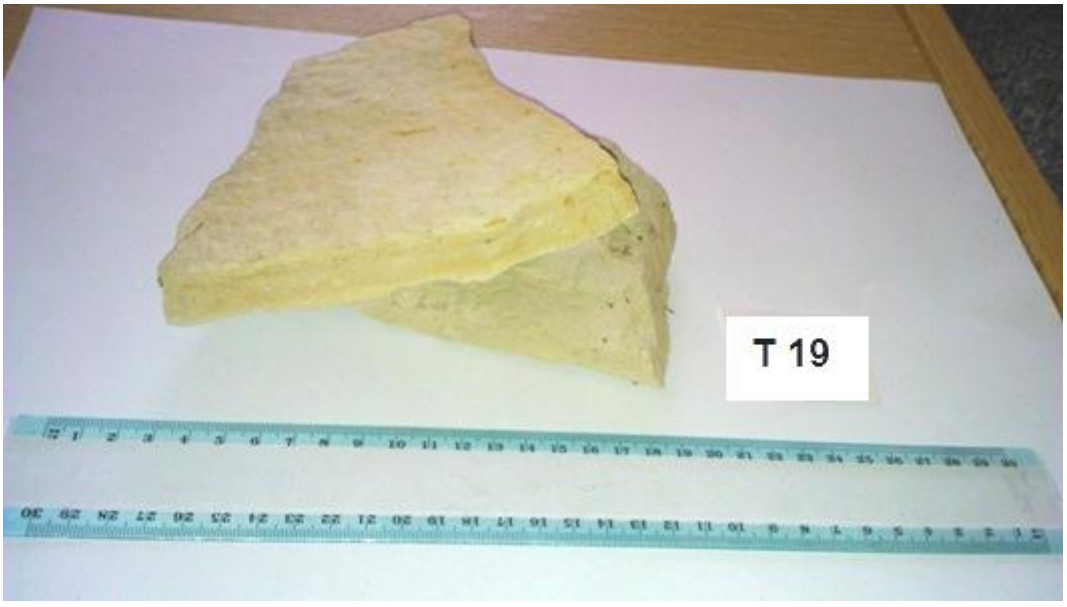
Izdanak se nalazi na makadamu od Jalševca prema kaptiranom izvoru, sa desne strane makadama na 20 metara od livade. Uzet je uzorak broj 18. Radi se o pjeskovito – prahovitom laporu koji je koso – slojevit, debljine slojeva su od 20 – 30 cm, a orijentacija slojeva 128/29. Starost naslaga je procijenjena na gornji panon.



TOČKA 19 – 21.12.2014.

Izdanak se nalazi sa desne strane makadama, uz potok Jalševec, 50 m od zadnjeg izdanka, točke 18. Determinacijom je određeno da se radi o laminiranom do koso – slojevitom pješčenjaku, slojevi su debljine od 1 – 5 cm, te orijentacije: 128/45. Uzet je uzorak broj 19 i radi se o tvrdom laminiranom kalcitnom pješčenjaku, s laminama do 1 cm. Starost naslaga je procijenjena na donji panon.





TOČKA 20 – 30.3.2015.

Izvor se nalazi od vrha Sv. Barbare u smjeru sjeveroistoka – istoka (SII) na elevaciji od 290 m n.m. Radi se o stalnom izvoru, na kontaktu propusno – nepropusno. Imamo pukotinski sustav kretanja podzemne vode kroz raspucane lapore koja na kontaktu s nepropusnom glinovitom komponentom izvire. Na točki su uzeti uzorci broj 20 te se radi o glinovito – pjeskovitom laporu (masivnom, raspucalom). Mineralni sastav čine minerali glina, kalcit te fosilni sadržaj. Starost naslaga je procijenjena na gornji baden.





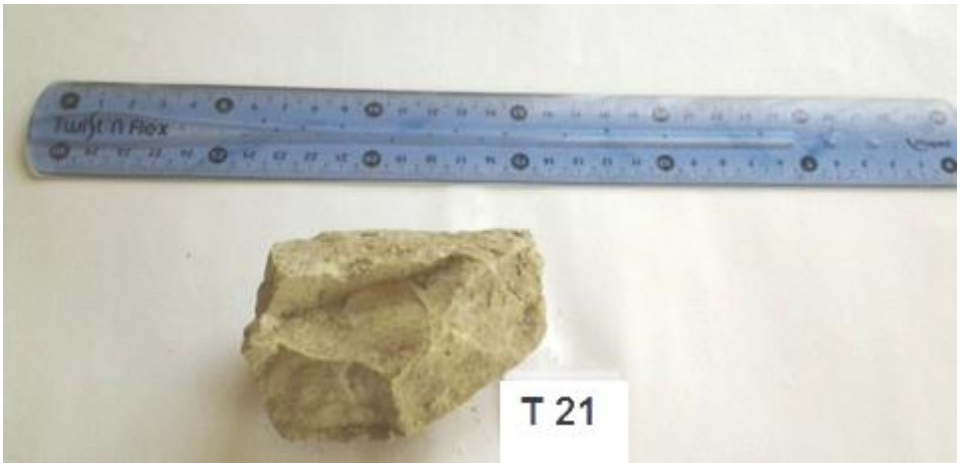




TOČKA 21 – 30.3.2015.

Sjevernije od vrha Sv. Barbare, odnosno od vrha Sv. Barbare u smjeru sjever – sjeveroistok nalazi se manji izdanak pored kuće – vikendice na elevaciji od 285 metara n.m. Uzet je uzorak broj 21. Masnog je i mekanog opipa, s vidljivim fosilima. Radi se o masivnom fosilifernom laporu s više glinovite komponente, ali i malim uloščima pijeska. Starost naslaga procijenjena je na gornji baden.





TOČKA 22 – 2.4.2015.

Izdanak se nalazi ispod vrha Svete Barbare u smjeru sjevera na koti od 285 m n.m. Uzet je uzorak broj 22 te je određen mineralni sastav kojeg čine kalcit, minerali glina te fosili. Radi se o fosilifernom laporu sa više kalcitne komponente i uloščima vapnenačkih pješčenjaka. Uzorak je ljepljiv, ali se i lako lomi. Starost je procijenjena na gornji baden.





TOČKA 23 – 2.4.2015.

Desno od Čučerskog groblja, na elevaciji je 261 m n.m., otprilike 2 m iznad najniže udoline kroz koju prolazi potočić, nalazi se izdanak laporovitog pješčenjaka, tj nešto između pješčenjaka i lapora (u praksi je lapor češće masivni, a pješčenjak u slojevima). Slojevi su debljine od 1 do 12 cm, orijentacije 118/21. Uzet je uzorak broj 23. Starost je procijenjena na gornji baden.







TOČKA 24 – 2.4.2015.

Na strmom dijelu ulice Svete Barbare, nalazi se izdanak laminiranog do slojevitog kalcitnog lapora sa uloščima i proslojcima vapnenačkih pješčenjaka, orijentacije 339/54. Uzet je uzorak broj 24. Starost je procijenjena na gornji panon.







TOČKA 25 – 2.4.2015.

Izdanak lapora s više vapnenačke komponente (slično kao u kamenolomu Sv. Barbara), koso slojeviti, orijentacije 196/33 i raspucali nalazi se na putu od ulice Svete Barbare prema vrhu Sv. Barbara. Vidljiva je rasjedna ploha orijentacije 267/76 (prepoznavanje rasjeda po glatkoj plohi, oštrom kontaktu). Uzet je uzorak broj 25. Može se primijetiti da ima više kalcitne komponente, uzorak je tvrdi, krti i pri udarcu čekićem ima karakterističan oštar miris. Starost je procijenjena na gornji panon.

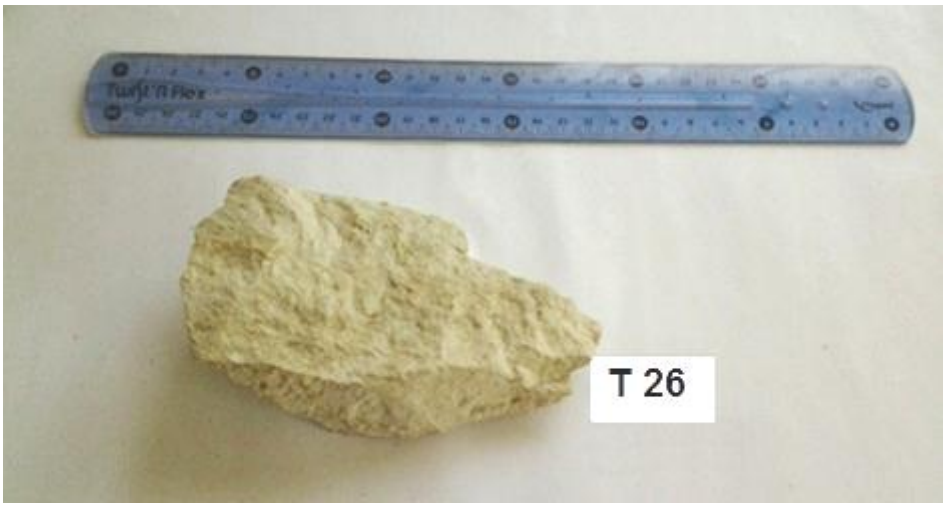




TOČKA 26 – 2.4.2015.

Izdanak se nalazi južnije od vrha Sv. Barbare. Uzet je uzorak broj 26. Radi se o slojevitom laporu s više kalcitne komponente te uloščima vapnenačkog pješčenjaka. Orijentacija slojeva je 139/21, a debljina slojeva 2,5 – 9 cm. Starost je procijenjena na gornji panon ili sarmat.

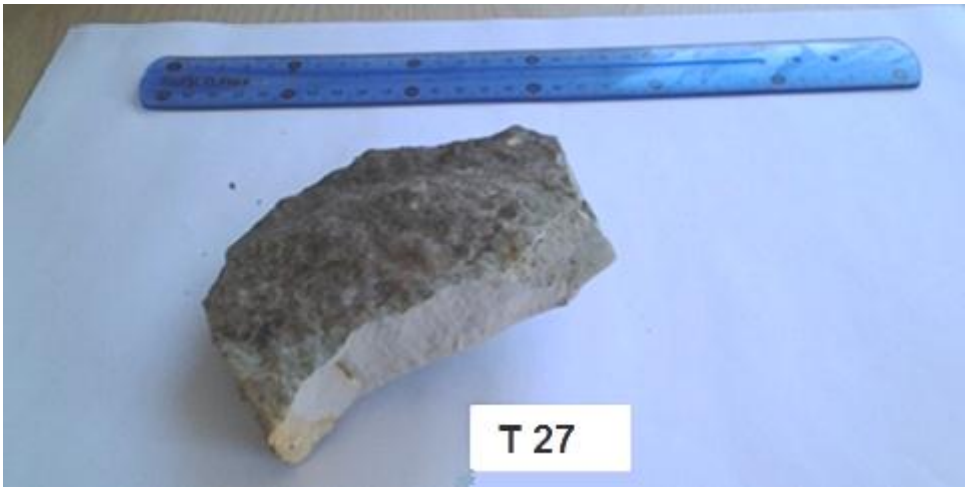




TOČKA 27 – 2.4.2015.

Izdanak se nalazi sa desne strane puta koji vodi prema vrhu Sv. Barbara. Uzet je uzorak broj 27. Radi se o laporu s više vapnenačke komponente, koji je naspram uzorka s prethodne točke teži, intenzivnije sive boje te pri udarcu čekičem intenzivnijeg mirisa. Slojevi su više nagnuti nego na prethodnoj točki 147/61, a debljina slojeva je 2 – 2,5 cm. Starost je procijenjena na donji panon.

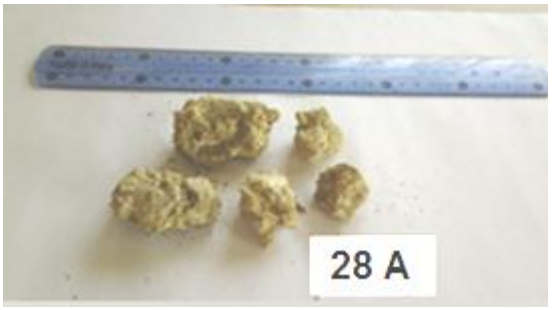




TOČKA 28A – 2.4.2015.

Na putu sa lijeve strane prema vrhu Barbara nalazi se izdanak litotamnijskog vapnenca, litavca. Uzet je uzorak broj 28A. Starost je procijenjena na gornji baden.

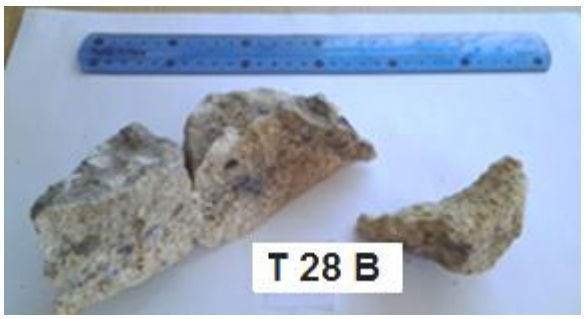




TOČKA 28 B – 2.4.2015.

Penjući se prema vrhu Svete Barbare iz smjera jugozapada, sa lijeve strane makadama, nekoliko metara od prethodne točke nalazi se manji izdanak konglomeratičnog pješčenjaka koji je izoliran jer je voda oko njega istrošila i transportirala mekši dio tla. Uzeti su uzorci broj 28 B te su snimljene fotografije. Starost naslaga je procijenjena na gornji baden ili sarmat.





TOČKA 29 – 17.3.2015.

Na lijevom dijelu odvojka Čučerske ceste, na elevaciji od 195 m n.m. nalazi se izdanak. Javlja se izmjena glinovito – pjeskovitog lapora i kalcitnog lapora koji je svijetliji i trusi se. Uzeti su uzorci broj 29. Sastav kalcitnog lapora čine minerali glina, kalcit te hematit. Sloj glinovito – pjeskovitog lapora ima orijentaciju 255/64. Starost je procijenjena na donji pont.









Nekoliko metara dalje, na zasjeku u padini, nalazi se izdanak glinovito – prahovitog lapora. Sadrži dosta sitnog pijeska do praha, ali se i lijepi. Prisutna je limonitizacija, stijena je jako raspucala (rahla). Starost je procijenjena na donji pont.



TOČKA 30 – 17.3.2015.

Izdanak se nalazi nekoliko metara dalje od prethodne točke na elevaciji od 225 m n.m. Radi se o kalcitnom laporu sa proslojcima vapnenačkih pješčenjaka. Slojevi su orijentacije 267/76. Starost je procijenjena na donji pont.



