

SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET  
Diplomski studij rudarstva

**BICIKLISTIČKA KARTA S GEOLOŠKIM POJAVAMA GRADA OGULINA I  
OKOLICE U PROGRAMU QGIS**

Diplomski rad

Tena Tomić

R324

Zagreb, 2023.



KLASA: 602-01/23-01/63  
URBROJ: 251-70-11-23-2  
U Zagrebu, 14.09.2023.

Tena Tomić, studentica

## RJEŠENJE O ODOBRENJU TEME

Na temelju vašeg zahtjeva primljenog pod KLASOM 602-01/23-01/63, URBROJ: 251-70-11-23-1 od 22.05.2023. priopćujemo vam temu diplomskog rada koja glasi:

### BICIKLISTIČKA KARTA S GEOLOŠKIM POJAVAMA GRADA OGULINA I OKOLICE U PROGRAMU QGIS

Za voditelja ovog diplomskog rada imenuje se u smislu Pravilnika o izradi i obrani diplomskog rada Doc.dr.sc. Ivan Medved nastavnik Rudarsko-geološko-naftnog-fakulteta Sveučilišta u Zagrebu

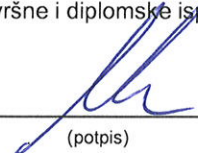
Voditelj

  
\_\_\_\_\_  
(potpis)

Doc.dr.sc. Ivan Medved

\_\_\_\_\_  
(titula, ime i prezime)

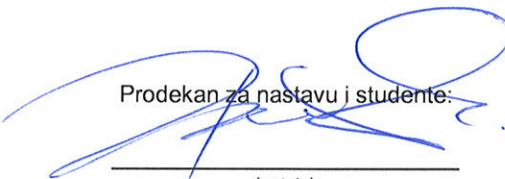
Predsjednik povjerenstva za  
završne i diplomske ispite:

  
\_\_\_\_\_  
(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Mario Klanfar

\_\_\_\_\_  
(titula, ime i prezime)

Prodekan za nastavu i studente:

  
\_\_\_\_\_  
(potpis)

Izv.prof.dr.sc. Borivoje  
Pašić

\_\_\_\_\_  
(titula, ime i prezime)

*Veliko hvala mojem mužu bez kojeg ovaj diplomski ne bi bio napisan.  
Hvala mu na strpljenju, bodrenju i savjetovanju tijekom studiranja.*

*Najviše mu hvala za beskrajnu podršku tijekom studiranja bez obzira na sve.*

BICIKLISTIČKA KARTA S GEOLOŠKIM POJAVAMA GRADA OGULINA I OKOLICE U  
PROGRAMU QGIS

Tena Tomić

Rad izrađen: Sveučilište u Zagrebu  
Rudarsko-geološko-naftni fakultet  
Zavod za geofizička istraživanja i rudarska mjerenja  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Sažetak

Upotreba QGIS sustava u izradi konceptualne karte s geomorfološkim, hidrogeološkim i speleološkim lokacijama grada Ogulina i okolice. Prikaz područja grada Ogulina i okolice u sklopu geologije te svih geoloških pojava koje će pratiti biciklističke staze s opisima lokacija te поближе upoznavanje geologije grada Ogulina i okolice. U diplomskom radu je opisana izrada karte te detaljnije pojašnjene lokacija.

Ključne riječi: QGIS, OSM, Ogulin

Završni rad sadrži: 49 stranica, 55 slika, i 28 referenci.

Jezik izvornika: Hrvatski

Pohrana rada: Knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, Pierottijeva 6, Zagreb

Mentori: Dr. sc. Ivan Medved, docent RGNF

Ocjenjivači: Dr. sc. Ivan Medved, docent RGNF  
Dr.sc. Jasna Orešković, izvanredni profesor RGNF  
Dr.sc. Tomislav Korman, izvanredni profesor RGNF

CYCLING MAP WITH GEOLOGICAL PHENOMENA OF THE TOWN OF OGULIN AND ITS  
SURROUNDINGS IN THE QGIS PROGRAM

Tena Tomić

Thesis completed at: University of Zagreb  
Faculty of mining, Geology and Petroleum Engineering  
Department of Geophysical Exploration and Mine Surveying  
Pierottijeva 6, 10 000 Zagreb

Abstract

The use of the QGIS system in the creation of a conceptual map with geomorphological, hydrogeological and speleological locations of the town Ogulin and its surroundings. Presentation of the area of the town Ogulin and its surroundings as part of geology and all geological phenomena that will follow the bicycle paths with descriptions of locations and a closer introduction to the geology of the town of Ogulin and its surroundings. The diploma thesis describes the creation of the map and explains the location in more detail.

Keywords: QGIS, OSM, Ogulin

Thesis contains: 49 pages, 55 figures and 28 references.

Original in: Croatian

Archived in: Library of Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering, Pierottijeva 6, Zagreb

Supervisors: Assistant Professor Ivan Medved, PhD

Reviewers: Assistant Professor Ivan Medved, PhD  
Associate Professor Jasna Orešković, PhD  
Associate Professor Tomislav Korman, PhD

## SADRŽAJ

<b>1. UVOD</b> .....	<b>4</b>
<b>2. ZEMLJOPISNI POLOŽAJ I GEORAZNOLIKOST OGULINA I OKOLICE</b> ....	<b>5</b>
2.1. Geološka obilježja .....	6
<b>3. GEOMORFOLOGIJA OGULINA I OKOLICE</b> .....	<b>7</b>
3.1. Klek .....	7
3.2. Visibaba .....	9
<b>4. PRIMJENA QGIS SUSTAVA U IZRADI BICIKLISTIČKE KARTE S GEOLOŠKIM POJAVAMA</b> .....	<b>10</b>
4.1. Uvoz OSM podataka u QGIS .....	10
4.2. Označavanje i pregled lokacija i postavljanje opisa u atributivnu tablicu .....	11
4.3. Izrada biciklističkih staza pomoću QGIS sustava .....	14
<b>5. HIDROGEOLOŠKA OBILJEŽJA GRADA OGULINA I OKOLICE</b> .....	<b>17</b>
5.1. Izvori vode akumulacijskog jezera Sabljaci.....	18
5.1.1. Rijeka Tounjčica .....	20
5.2. Izvori vode akumulacijskog jezera Bukovnik.....	23
5.3. Manji pritoci i izvori u Ogulinu i okolici .....	25
<b>6. SPELEOLOŠKI OBJEKTI GRADA OGULINA I OKOLICE</b> .....	<b>29</b>
6.1. Špiljski sustav Đulin ponor – Medvedica .....	29
6.2. Izvor- špilja Gojak.....	33
6.3. Špilja Zale i izvor Bistrica.....	34
6.4. Ponor Ambarac i jama Mandelaja.....	36
6.5. Špilja Tounjčica i špilja u kamenolomu Tounj .....	39
6.6. Sustav Pećine-Veliko vrelo (Stoševo) .....	42
6.7. Zagorska peć .....	43
6.8. Izvor i ponor Rupečice, Zeleno (Šmitovo) jezero.....	45
<b>7. ZAKLJUČAK</b> .....	<b>48</b>
<b>8. POPIS LITERATURE</b> .....	<b>49</b>

## POPIS SLIKA

Slika 2-1 Prikaz Ogulina i okolice na karti (Google Earth, 2023) .....	5
Slika 2-2 Osnovna geološka karta Ogulina(Velić i dr. 1982, Bukovac i dr., 1984).....	6
Slika 3-1 Klek i Klečice pogled s vidikovca Golubinac i prikaz na karti .....	8
Slika 3-2 Ulaz u jamu podno Kleka .....	9
Slika 3-3 Samonikla stijena Visibaba u selu Bjelsko .....	9
Slika 4-1 Prikaz učitanih rijeka, jezera i cesti grada Ogulina i okolice u QGIS sustavu ....	11
Slika 4-2 Označene lokacije se geološki pojavama.....	12
Slika 4-3 Prikaz potoka Lučica na Google Earth-u, označen crvenom (Google Earth, 2023) .....	12
Slika 4-4 Prikaz potoka Lučica na OSM-u.....	13
Slika 4-5 Unos opisa lokacija .....	13
Slika 4-6 Prikaz ORS Tools dodatka.....	14
Slika 4-7 Priprema za izradu rute .....	15
Slika 4-8 Atributivna tablica rute s duljinom i trajanjem .....	15
Slika 4-9 Prikaz ruta biciklističkih staza .....	16
Slika 4-10 Preklapanje ruta.....	16
Slika 5-1 Izvor Bistrac .....	18
Slika 5-2 Jezero Sabljaci.....	19
Slika 5-3 Prikaz preljeva Zagorske Mrežnice.....	19
Slika 5-4 Kružna biciklistička ruta jezera Sabljaci.....	20
Slika 5-5 Prikaz rijeke Tounjčice .....	21
Slika 5-6 Prikaz toka Tounjčice uslikano 2.4.2023(lijevo) i 30.12.2022. (desno) .....	22
Slika 5-7 Biciklistička ruta Ogulin-Tounj .....	22
Slika 5-8 Ogulinska Dobra .....	23
Slika 5-9 Đulin ponor .....	24
Slika 5-10 Prikaz brane i jezera Bukovnik .....	24
Slika 5-11 Dvije kružne rute oko rijeke Dobre.....	25
Slika 5-12 Izvor Pećnik .....	26
Slika 5-13 Potok Vitunjčica.....	26
Slika 5-14 Crni potok podno Kleka (Džankić, 2017).....	27
Slika 5-15 Dio potoka prema spajanju s rijekom Vitunjčicom .....	28
Slika 5-16 Ruta Dobra-Vitunjčica .....	28

Slika 6-1 špiljski ulaz Đulin ponor i prikaz svih ulaza na karti.....	30
Slika 6-2 Prikaz freatskih siga (Kovač Konrad i dr.,2022) .....	31
Slika 6-3 Prikaz vrtložnog lonca u boku kanala, dubok oko 1,5 m (Kovač Konrad i dr., 2022) .....	31
Slika 6-4 Prikaz škrapa u špiljskom sustavu Đulin ponor – Medvedica(Kovač Konrad i dr., 2022).....	32
Slika 6-5 Žličaste forme koje pokazuju smjer strujanja(Kovač Konrad i dr., 2022).....	32
Slika 6-6 Speleolog u izvor-špilji Gojak(Kovač Konrad i dr., 2022).....	33
Slika 6-7 Lokacija izvor-špilje Gojak na karti .....	34
Slika 6-8 Ulaz u špilju Zale (Karavanić i dr., 2013).....	35
Slika 6-9 Prikaz izvora Bistrica .....	35
Slika 6-10 Biciklistička ruta Tounjski most-izvor Bistrica .....	36
Slika 6-11 Ulaz u ponor Ambarac (Kovač Konrad i dr., 2022).....	37
Slika 6-12 Jezerce u jami Mandelaji (Kovač Konrad i dr., 2022).....	38
Slika 6-13 Prikaz jame Mandelaja i ponora Ambarac na karti.....	38
Slika 6-14 Špilja Tounjčica .....	40
Slika 6-15 Jezero u špilji Tounjčici (geotech, 2023).....	40
Slika 6-16 Jedan od ulaza u špilju na kamenolomu Tounj .....	41
Slika 6-17 Prikaz vermikulacija u Pjegastoj dvorani (spelologija, 2008) .....	42
Slika 6-18 Pogled iz zraka na izvore Veliko vrelo i Pećine (Kovač Konrad i dr.,2022).....	43
Slika 6-19 Prikaz toka iz Zagorske peći nakon velikih kiša (19.4.2023.) .....	43
Slika 6-20 Prikaz ulaza u Zagorsku peć iznad litice.....	44
Slika 6-21 Špiljski biseri u Zagorskoj peći (Kovač Konrad i dr., 2022) .....	45
Slika 6-22 Izvor rječice Rupećice za vrijeme obilnih padalina (19.4.2023 .) .....	46
Slika 6-23 Šmitovo (Zeleno) jezero .....	47
Slika 6-24 Ruta Đulin ponor-Rupećica-Šmitovo .....	47



## 1. UVOD

Područje opsega ovog rada su geološke pojave grada Ogulina s njegovom okolicom. Ovim diplomskim radom će se dobiti uvid u geologiju Ogulina u okviru speleološki, hidrogeoloških i geomorfoloških pojava. Zbog nedovoljne istraženosti geologije Ogulina i okolice ovim diplomskim radom će se omogućiti sistematizacija u obliku grafičkih, tekstualnih i prostornih podataka.

Geografsko informacijski sustav predstavlja tehnologiju koja pomaže u uparivanju geoprostornih podataka s ostalim vrstama podataka, kao što su geološke pojave u ovom diplomskom radu. Pri tom objedinjavanju geoprostornih podataka radi lakšeg snalaženja značajno pomaže vizualizacija na karti. Obrada podataka će se provesti pomoću QGIS sustava. QGIS je jedan od rastućih sustava zbog svojih prednosti kao što su besplatno preuzimanje, pristupačnost svima i prilagođenosti korisniku.

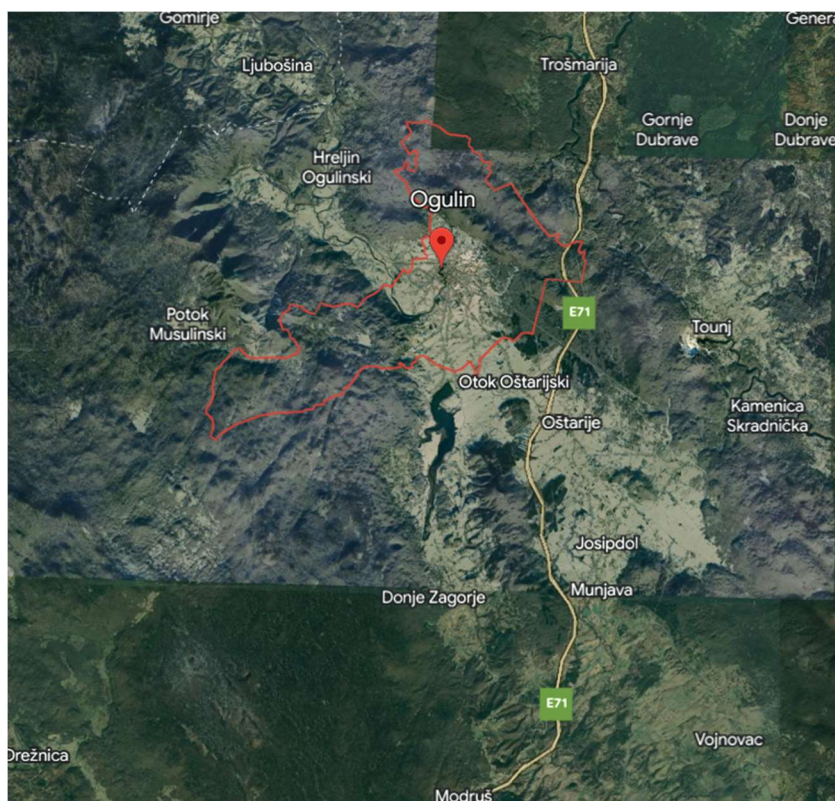
Cilj ovog diplomskog rada je prikazati područje Ogulina i okolice u sklopu geologije te svih geoloških pojava koje će pratiti biciklističke staze. Pri obilasku geoloških pojava će biti moguće se educirati o svakoj od njih pomoću kratkih opisa na karti obrađenoj u QGIS sustavu. S tim načinom vizualizacije se želi javnosti približiti geologija promatranog prostora te informirati o unikatnosti geologije grada Ogulina s okolicom.

## 2. ZEMLJOPISNI POLOŽAJ I GEORAZNOLIKOST OGULINA I OKOLICE

Promatrano područje smješteno je u grad Ogulinu i okolici između  $15^{\circ}07'$  i  $15^{\circ}22'$  istočne zemljopisne dužine te između  $45^{\circ}07'$  i  $45^{\circ}20'$  sjeverne zemljopisne širine na elipsoidu WGS84 s početnim Greenwich-meridijanom.

Prostire se u ograničenom području sjeverozapadne Like, jugoistočnog Gorskog Kotara i zapadnog Korduna vidljivo na slici 2-1. Reljef je karakteriziran dinarskim pravcem pružanja. Najistaknutiji vrh je Klek (1182 m). Između Ogulinske i Gojačke Dobre ističe se nekoliko brežuljaka (400-600 m). Istočno od Kapele, u središnjem dijelu terena smjestila se krška zvala Ogulin-Plaški. Cjelokupno područje se odlikuje krškom morfologijom (Marković, 1991). To područje je zasebna mikroregija koja s Gorskim kotarom i Likom čini gorsku Hrvatsku. Gorjanović-Karmberger 1914. navedenu mikroregiju naziv Ogulinsko polje koje obuhvaća 60 km<sup>2</sup>.

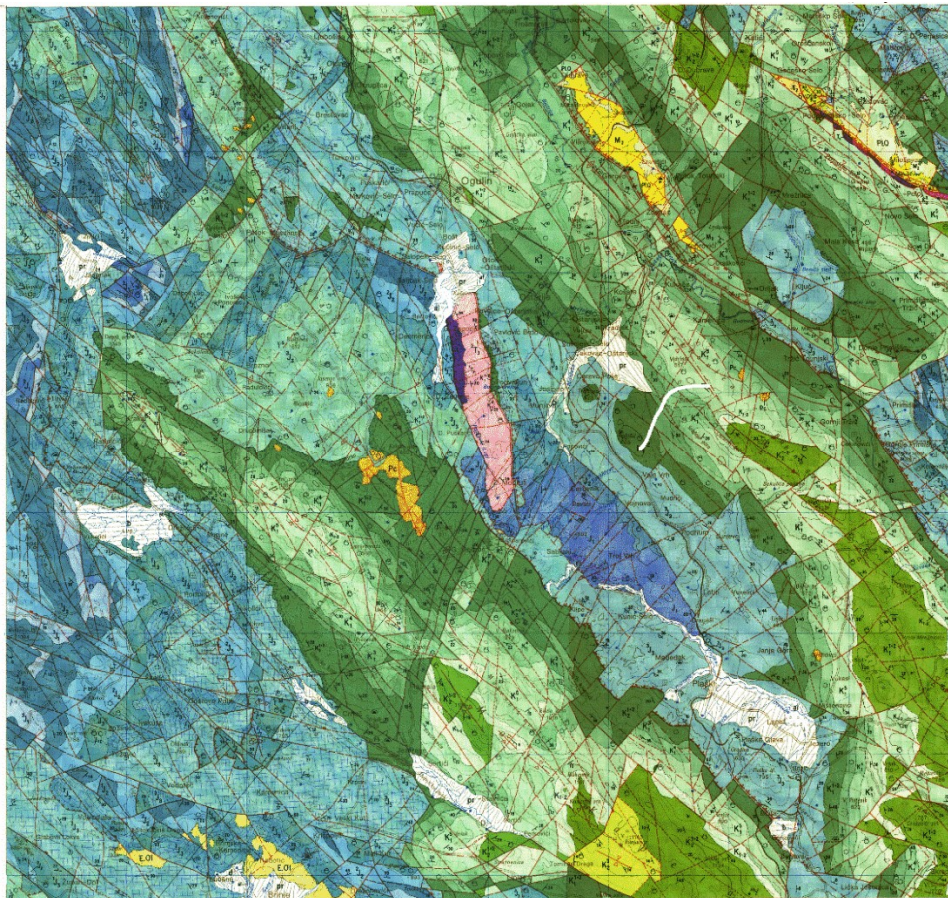
Za grad Ogulin i okolicu izuzetno su značajne rijeke Dobra i Zagorska Mrežnica. Za Ogulinsko polje je karakteristična krška cirkulacija, što znači da vode na manje propusnim podlogama teku na površinu, a u kontaktu s više propusnim podlogama kao što su vapnenci i dolomiti, poniru u podzemlje i nastavljaju svoj tok desetcima, stotinama kilometara do ponovnog izviranja (Kovač Konrad i dr.,2022).



Slika 2-1 Prikaz Ogulina i okolice na karti (Google Earth, 2023)

## 2.1. Geološka obilježja

Naslage ovog područja se prema geokronologiji dijele na naslage trijasa (od prije 251,9 mil. god. do prije 201,3 mil. god.), jure (od prije 201,3 mil. god. do prije 145 mil. god.), krede (od prije 145 mil. god. do prije 66 mil. god.), paleocena (od prije 66 mil. god. do prije 56 mil. god.), miocena (od prije 23,03 mil. god. do prije 5,33 mil. god.) i kvartara (od prije 2,58 mil. god. do danas). Naslage imaju primarno dinarski smjer pružanja (SZ-JI) koji je često poremećen sekundarnim rasjedanjem (slika 2-2) (Velić i dr. 1982, Bukovac i dr., 1984).



Slika 2-2 Osnovna geološka karta Ogulina(Velić i dr. 1982, Bukovac i dr., 1984)

### 3. GEOMORFOLOGIJA OGULINA I OKOLICE

Prema geomorfološkoj regionalizaciji Hrvatske ogulinski kraj i njegovo zaleđe spada u zavalsku geomorfološku regiju dinarskog gorskog sustava što se poklapa sa sinklinalnim i potolinskim strukturama. Ogulinsko-plašćanska zavalica je zatvorena krška depresija složene geološke građe i geomorfoloških obilježja, površine 170 km<sup>2</sup> (Kovač Konrad i dr., 2022).

Cijelo područje obilježava krški i fluviokrški reljef u skladu s prevladavajućim karbonatnim sastavom. Polja su poligenetskog nastanka te su na njima nataloženi padinski i aluvijalni sedimenti doneseni povremenim i stalnim tokovima. Zbog građe i pokrova imaju prirodnu funkciju retencije voda pa za vrijeme velikih padalina dolazi do stvaranja povremenih jezera (Kovač Konrad i dr., 2022).

Izdvajanje geotektonskih jedinica na ogulinskom području nije bilo moguće, već su izdvojene veće strukture koje su tretirane kao strukturne jedinice (Marković, 1991). Većina područja nalazi se u sklopu strukturno-tektonske jedinice Ogulin-Tobolić koja je omeđena strukturno-tektonskom jedinicom Smolnik-Kapela s jugozapada i Dubrave-Primišlje sa sjeveroistoka. Granica između jedinica Ogulin-Tobolić i Smolnik-Kapela je jasno izražena navlačnom strukturom Klek-Modruš u obliku velikog reversnog rasjeda, dok je granica između jedinica Ogulin-Tobolić i Dubrave-Primišlje zamaskirana duž čitavog pružanja normalnim rasjedom. Unutar glavne jedinice Ogulin-Tobolić izdvaja se razlomljena normalna uspravna sinklinala Gojak-Tobolić te reducirana antiklinala Tounj. Čitava jedinica Ogulin-Tobolić je razlomljena na poligone primarnim rasjedima glavnog smjera pružanja SZ-JI te sekundarnim rasjedima smjera SI-JZ (Velić, Sokač & Šćavnićar, 1982; Bukovac i sur., 1984).

U osnovi teren je karakteristične luskave strukture, ali unatoč tome u strukturnoj slici dominiraju mlađi sustavi rasjeda koji čine teren intenzivno razlomljen. Mjestimice su registrirani i očuvani ostaci struktura nastalih tangencijalnim pokretima (Marković, 1991).

#### 3.1. Klek

Klek je planina (greben) koja je sjeveroistočni dio planinskoga masiva Velike Kapele; najviši vrhovi Veliki Klek (1181 m) i Klečica (1062 m) (slika 3-1). Građen je od jurskih i krednih vapnenaca (krš). Klek je pokriven bjelogoričnom i crnogoričnom šumom (Hrvatska enciklopedija, 2023). Klek je izgrađen od stijena nastalih tijekom geoloških razdoblja jure i krede. Najveći dio Kleka izgrađuju stijene nastale u doba mlađe jure starosti oko 150

milijuna godina. Vapnenci koji izgrađuju vršne dijelove Kleka nastali su početkom krede, prije otprilike 100 milijuna godina (Naturaviva, 2023).



Slika 3-1 Klek i Klečice pogled s vidikovca Golubinac i prikaz na karti

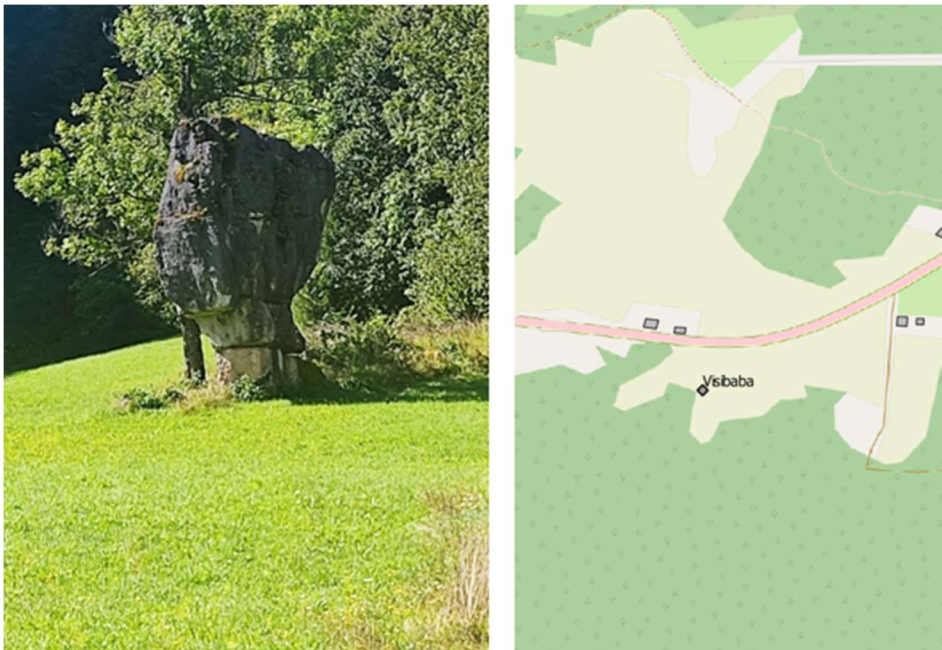
Na Kleku se nalazi najviša poznata kota ulaza u speleološki objekt u Karlovačkoj županiji. Speleološki objekt nalazi se pod samim vrhom Kleka, 400 m stazom od planinarskog doma, 5-6 m niže od heliodroma u smjeru juga, nadmorske visine 1162 m (slika 3-2). Karakterizira ga pojava tzv. špiljskog mlijeka koje poput pastaste prevlake oblaže zidove jame (Mihalić, 2009).



Slika 3-2 Ulaz u jamu podno Kleka

### 3.2. Visibaba

Visibaba je soliterna stijena visine 7-8 m u mjestu Bjelsko podno planine Klek (slika 3-3). Zaštićena je 1966. godine kao geomorfološki fenomen jer u bližoj okolini osnovna stijena ne izbija na površinu. Takvi oblici nastaju djelovanjem egzogenih procesa (vjetar, voda, temperatura) u stijenama nejednolike otpornosti (Naturaviva, 2023).



Slika 3-3 Samonikla stijena Visibaba u selu Bjelsko

## 4. PRIMJENA QGIS SUSTAVA U IZRADI BICIKLISTIČKE KARTE S GEOLOŠKIM POJAVAMA

Geografsko informacijski sustav (kratica „GIS“) predstavlja određenu digitalnu tehnologiju koja uparuje geoprostorne podatke s ostalim vrstama podataka te na kraju se obavlja vizualizaciju na kartama. Geoprostorni podaci nam služe kao informacija vezana za taj određeni položaj u prostoru (DESA, 2018). U okviru ovog diplomskog rada korišten je QGIS.

QGIS je službeni projekt Open Source Geospatial Foundation (OSGeo). Njime se mogu vizualizirati, upravljati, uređivati te analizirati podatci koji se nalaze na karti, a može se kreirati i vlastita karta, QGIS dodatci proširuju postojeću funkcionalnost, primjerice unos podataka u obliku razgraničenog teksta, preuzimanje staza, putova i točaka iz GPS uređaja ili prikazivanje slojeva korištenjem OGC, WMS i WFS standarda. QGIS predstavlja veliku perspektivu i lepezu korištenja za svakoga tko ima osnovni pristup osobnom računalu (QGIS, 2020).

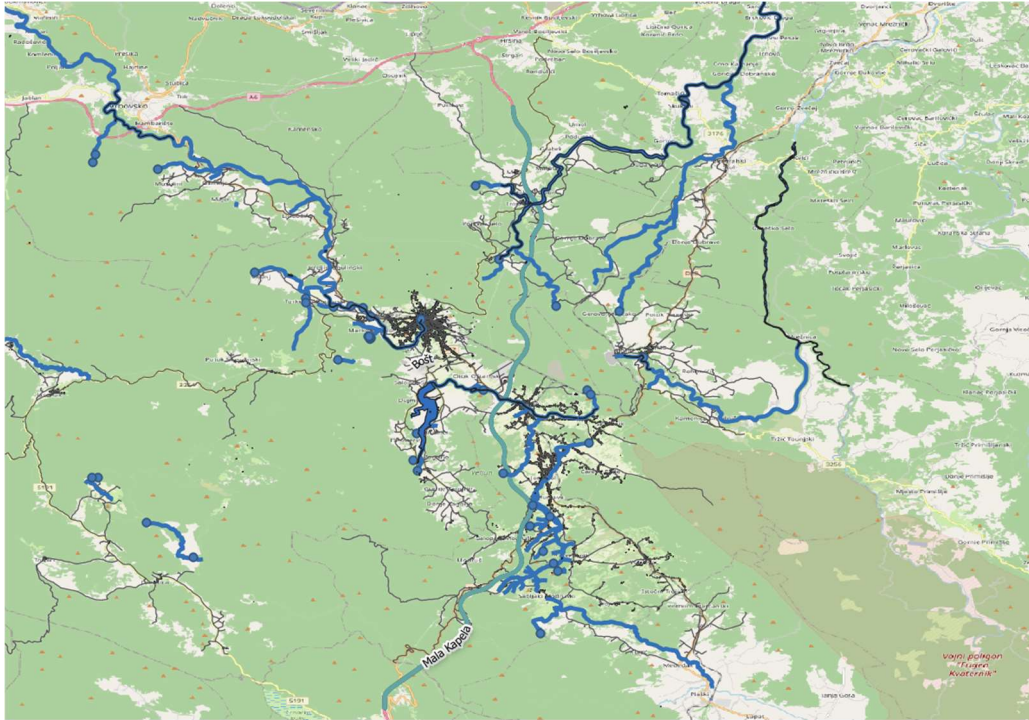
### 4.1. Uvoz OSM podataka u QGIS

Dobivanje visokokvalitetnih podataka ključno je za svaki GIS zadatak. Jedan izvrstan izvor besplatnih i otvoreno licenciranih podataka je OpenStreetMap (OSM) (qgistutorials, 2023). OpenStreetMap predstavlja projekt koji je izgradila zajednica kartografa koji donose i održavaju podatke o cestama, stazama, željezničkim postajama i još mnogo čemu drugom diljem cijelog svijeta. OpenStreetMap pridodaje posebnu važnost lokalnom znanju. Doprinositelji koriste zračne snimke, GPS uređaje i vlastite terenske podatke za provjeru točnosti i ažurnosti OSM podataka (openstreetmap, 2023).

OpenStreetMap koristi vrijednosti na karti (eng. *mapping values*) za kategorizaciju značajki u OSM bazi podataka. Osnovni elementi konceptualnog modela podataka fizičkog svijeta u OSM-u su geometrijski objekti. Čvor je osnovni element podataka OSM-a, a definira točku u prostoru. Dva ili više čvorova čine put koji definira linijska obilježja i granice područja. Grupiranjem prostornih podataka nastaju relacije koje ponekad objašnjavaju kako drugi elementi funkcioniraju zajedno. Navedeni elementi mogu imati jednu ili više oznaka (engl. tags) koje im se pridružuju kako bi opisali značenje pojedinih elemenata (wiki.openstreetmap, 2023).

Dakle, baza podataka OSM-a ima jednostavnu strukturu koja sadrži tri vrste podataka: čvor (engl. node, koji predstavlja točku na Zemljinoj površini), put (engl. way, predstavlja geografske objekte kao poligone i polilinije) i relaciju (engl. relation, predstavlja logičku zbirku ili grupaciju čvorova, putova i drugih relacija). Svaki objekt u bazi podataka OSM-a

može imati oznaku koja mu je dodijeljena. (Triplat Horvat i dr., 2018). Ali također se mogu dobiti detaljnije značajke koje predstavljaju vrijednosti. Za potrebe ovog diplomskog rada je bilo potrebno učitati jezera, rijeke za bolji prikaz istraživanog područja. Na slici 4-1 su prikazne rijeke, jezera i ceste učitani pomoću OSM dodatka.



Slika 4-1 Prikaz učitanih rijeka, jezera i cesti grada Ogulina i okolice u QGIS sustavu

#### 4.2. Označavanje i pregled lokacija i postavljanje opisa u atributivnu tablicu

Nakon učitanih podataka i prikupljenih podataka, lokacije su dodane u QGIS sustav. Lokacije koje predstavljaju geološke pojave, poligoni koji definiraju jezera i linije koje predstavljaju rijeke i izvore podijeljeni su u 3 skupine:

- 1) Lokacije s hidrogeološkim obilježjima
- 2) Speleološke lokacije
- 3) Geomorfološke lokacije

Sukladno s navedenim skupinama dodatni su slojevi, točnije shapefile sloj. Shapefile je vrsta datoteke koja se koristi za pohranjivanje geografskih podataka. To je uobičajeni format podataka za pohranjivanje prostornih podataka u softveru geografskih informacijskih sustava (GIS). Shapefile može pohranjivati podatke o oblicima geografskih obilježja, kao što su točke, linije i poligoni, kao i njihove povezane attribute, kao što su metapodaci, opisi i druge informacije. Često se koriste za pohranjivanje podataka o granicama geografskih regija, kao što su zemlje, pokrajine, kao i podataka o značajkama unutar tih regija, kao što



su ceste, rijeke i zgrade. Budući da datoteke imaju širok raspon korištenja i standardiziran format, mogu se lako dijeliti i koristiti u mnogim različitim GIS aplikacijama (mapscaping, 2022). Broj označenih lokacija je 32, te je prikazan na slici 4-2.



Slika 4-2 Označene lokacije se geološki pojavama

Međutim, tijekom označavanja i pregledavanja podataka otkrivena je pogrešna lokacija rječice Lučice na OpenStreepMap (slika 4-3 i slika 4-4). Što ukazuje da se pri radu s OSM podacima treba obratiti pozornost na točnost podataka. Korisnici OSM-a će u većini slučajeva na područjima koja su više istražena ubrzo ispraviti netočne informacije.

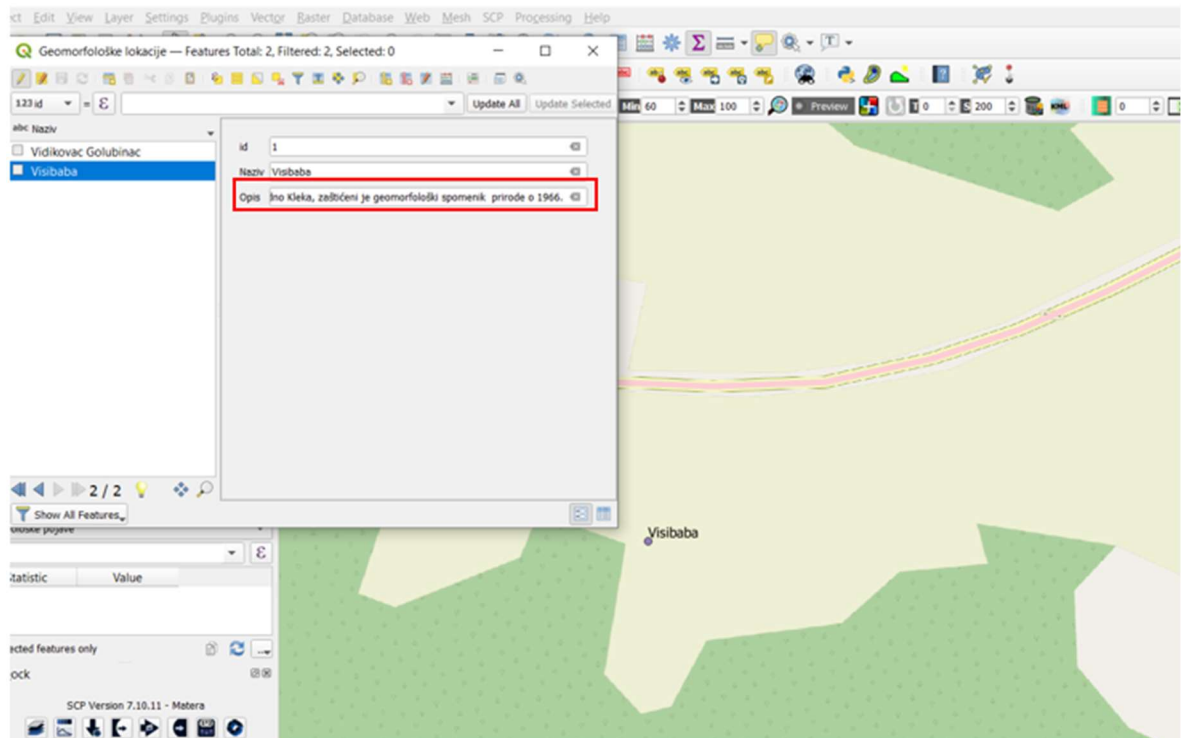


Slika 4-3 Prikaz potoka Lučica na Google Earth-u, označen crvenom (Google Earth, 2023)



Slika 4-4 Prikaz potoka Lučica na OSM-u

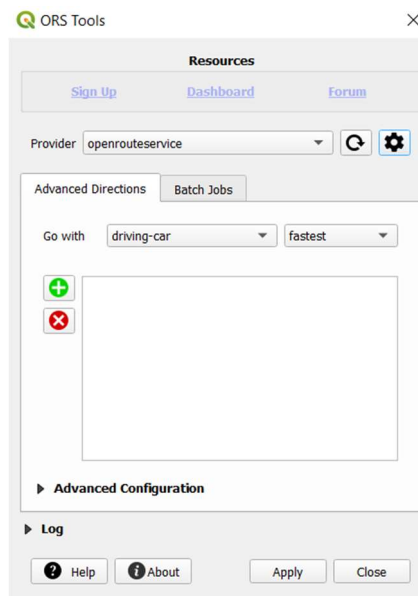
Opisi lokacija uneseni su u atributivnu tablicu. Opis je postavljen nakon što je odobreno uređivanje na označenom layer-u što je omogućilo uređivanje tablice. Primjer unesenog opisa u atributivnoj tablici vidljiv je na slici 4-5.



Slika 4-5 Unos opisa lokacija

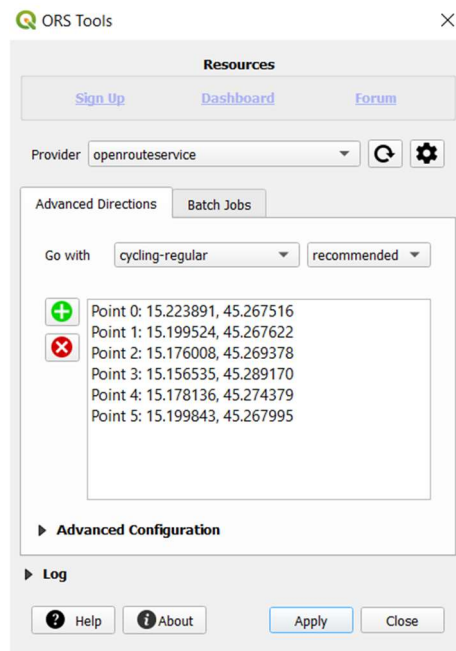
### 4.3. Izrada biciklističkih staza pomoću QGIS sustava

Tijekom izrade biciklističkih staza korišten je dodatak eng. *plugin* nazivom ORS Tools. ORS Tools omogućuje pristup većini funkcija [openrouteservice.org](https://openrouteservice.org), temeljenih na OpenStreetMap (plugins.qgis, 2023). Nakon instalacije je potrebna registracija koja je besplatna na stranici [openrouteservice.org](https://openrouteservice.org). Na stranici [openrouteservice.org](https://openrouteservice.org) se dobije ključ pod nazivom API key koji se upisuje kod instaliranog dodatka (slika 4-6).



Slika 4-6 Prikaz ORS Tools dodatka

Nakon odabranih točaka koje sačinjavaju rutu odabrana je opcija u dodatku pod eng. *go with* bicikl i opcija rute preporučena eng. *recommended* (slika 4-7). Mogući odabiri osim bicikla su auto, električni bicikl, planinarenje, hodanje te također je moguć odabir najbrže ili najkraće rute.



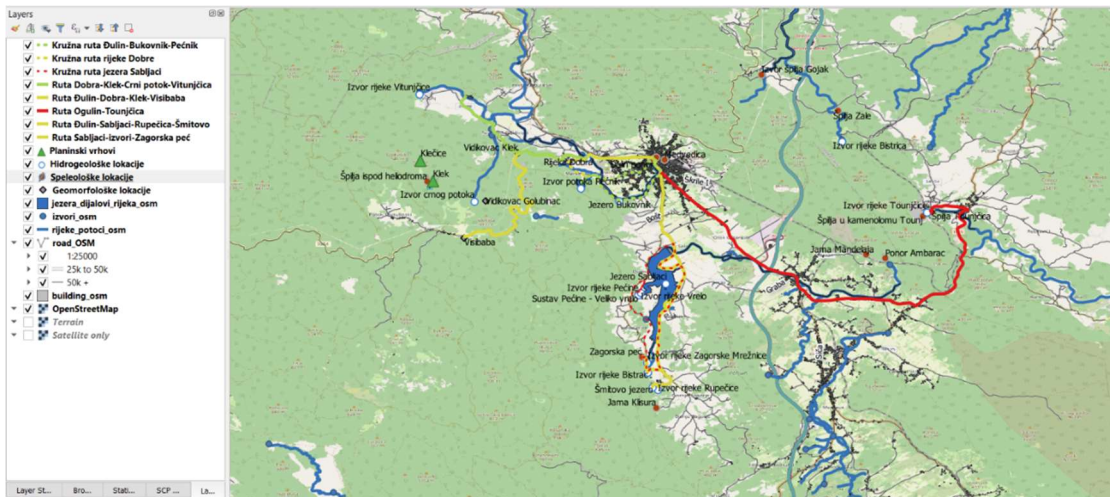
Slika 4-7 Priprema za izradu rute

Pokretanjem dodatka dobivena je ruta kao ESRI Shapefile te ju je bilo potrebno sačuvati, zato što ESRI Shapefile predstavlja privremeni sloj koji bi se nakon izlaska iz programa izbrisao. Informacije o rutama, kao što su duljina u kilometrima i trajanje u satima se nalazile u atributivnoj tablici (slika 4-8).

	DIST_KM	DURATION_H	PROFILE	PREF	OPTIONS	FROM_ID
1	7.3910000000000000...	0.437	cycling-regular	recommended	{}	NULL

Slika 4-8 Atributivna tablica rute s duljinom i trajanjem

Rutama je dodana simbologija, ovisno o dužini i zahtjevnosti. Zelena boja predstavlja manje tehnički zahtjevne staze, te udaljenosti do 6 km. Žuta boja predstavlja staze umjerene težine ili udaljenosti do 12 km. Crvena boja predstavlja tehnički najzahtjevnije stazu ili duljine duže od 12 km. Kružne rute su označene navedenim bojama ovisno o težini, a razlikuju se po svojim crtanim linijama. Primjer ucrtanih ruta je vidljiv na slici 4-9 i 4-10.



Slika 4-9 Prikaz ruta biciklističkih staza



Slika 4-10 Preklapanje ruta

## 5. HIDROGEOLOŠKA OBILJEŽJA GRADA OGULINA I OKOLICE

Hidrogeologija je znanstvena disciplina koja se bavi izučavanjem podzemne vode, njenim rasporedom, gibanjem kroz poroznu sredinu, te njenim fizičkim i kemijskim značajkama kao rezultatom interakcije s poroznom sredinom i drugim segmentima okoliša, uključivo i čovjeka (Bačani, 2006).

Hidrogeološke značajke Ogulinsko-plašćanske zavale uvjetovane su litološkim sastavom i strukturom te odnosom potpunih zaustava (barijera, nepropusnih stijena), nepotpunih zaustava (slabopropusnih stijena). Niz izvora na zapadnoj obali akumulacijskog jezera Sabaljaci predstavlja primjer izvora na kontaktima između propusnih naslaga i potpune zaustave. Oko izvora Zagorske Mrežnice razvilo se nekoliko litografskih jedinica. Određena izvedena trasiranja potvrdila su direktnu povezanost cijelog sustava polja s izvorištem Zagorske Mrežnice. Otjecanjem podzemne vode iz krških polja u zaleđu sustavom ponora vezano je za sinklinalnu formu Kapele.

Područje od Plaškog do Vitunja predstavlja zaustavu naspram područja Male Kapele koje predstavlja masiv gdje protječu podzemne vode. Izvori Zagorske Mrežnice i izvor Bistrac predstavljaju zone istjecanja brojnih ponora površine veće od 599 km<sup>2</sup> koji se mogu vidjeti na slici 5-1. Hidrološki režim spomenutog područja je osjetljiv i na najmanje promjene količine vode u ponorima. Tijekom kišnih razdoblja veći su pritoci u izvorima naspram sušnih razdoblja. Cijelo područje Ogulina i okolice predstavlja tipičan primjer podzemne krške cirkulacije (Kovač Konrad i dr., 2022).

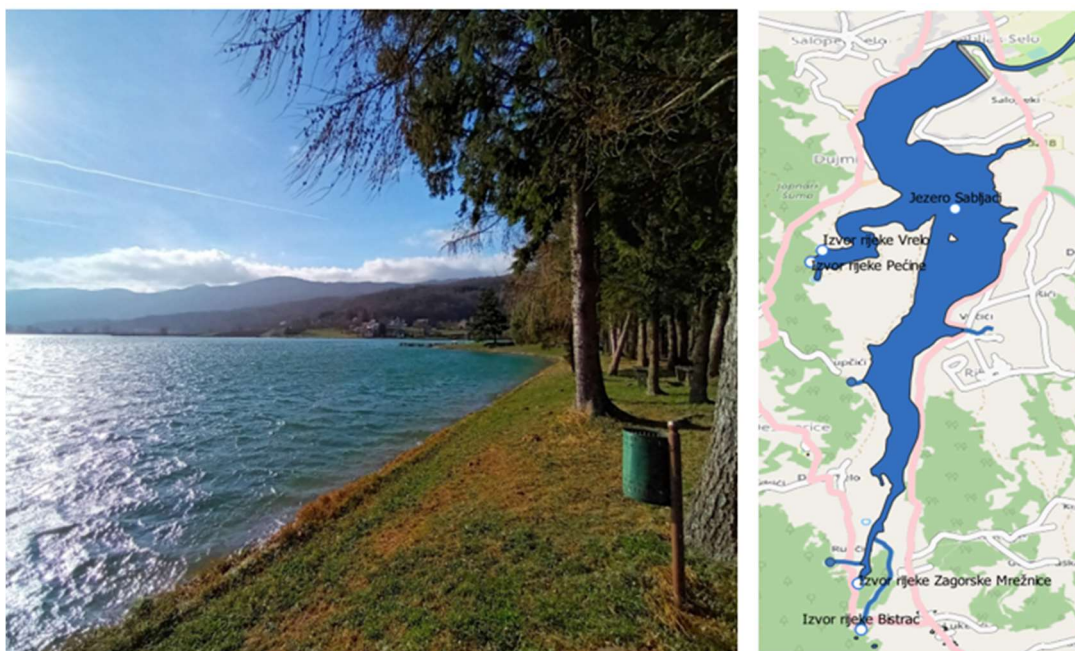
Hidrografsku mrežu šireg područja karakterizira stepeničasta hidrografska slika kod koje tekućice teku dolinama odnosno krškim zaravnima veće nadmorske visine, zatim poniru podno gorskih masiva veće propusnosti i ponovno izvire u dolini ili krškoj zaravni manje nadmorske visine. Sva voda s područja pripada slivu Dunava. Dio vode s predmetnog područja otječe prema sjeveru/sjeveroistoku i pripada podslivu rijeke Dobre, dok dio otječe prema istoku/jugoistoku i pripada podslivu rijeke Mrežnice. Površinske tekućice karakterizira velika brzina voda, plitko, usječeno korito, praćenje glavnih topografskih oblika i frekventna pojava brzaca, slapova i sedrenih barijera (PU 6019, 2022).



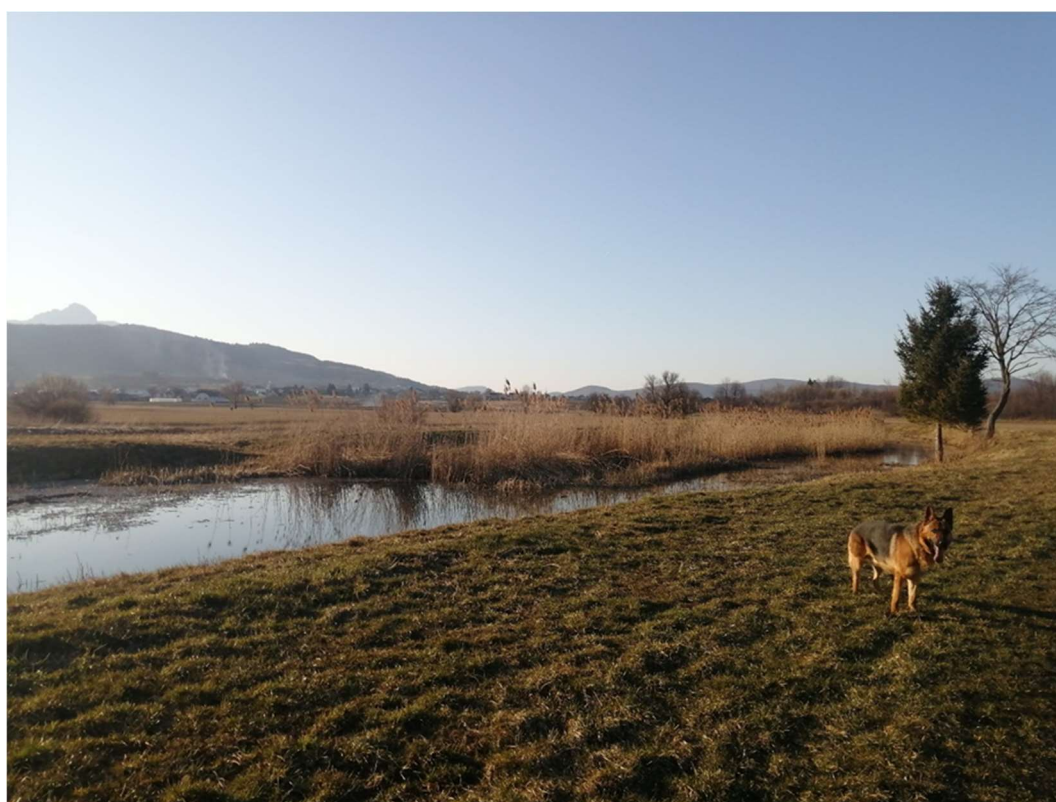
Slika 5-1 Izvor Bistrac

### **5.1. Izvori vode akumulacijskog jezera Sabljaci**

Zagorska Mrežnica izvire u Ogulinskom Zagorju te se sakuplja u umjetno akumulacijsko jezero Sabljaci, a iz njega se tunelom odvodi do jezera Bukovnik i dalje do hidroelektrane Gojak. Jezero Sabljaci dugo je pet kilometara te je nastalo pregradnjom riječnog toka Zagorske Mrežnice koje se može vidjeti na slici 5-2. Zagorska Mrežnica protjecala je Oštarijskim poljem. Međutim, danas je većinu godine korito presušeno. Osim u razdobljima godine povećanih dotoka kroz izvor Zagorske Mrežnice i preljeva na brani umjetnog jezera Sabljaci, tada će rijeka protjecati svojim prirodnim tokom kroz Oštarijsko polje. Prikaz preljeva na području između Sabljak Selo i Otoka Oštarijskog na slici 5-3.



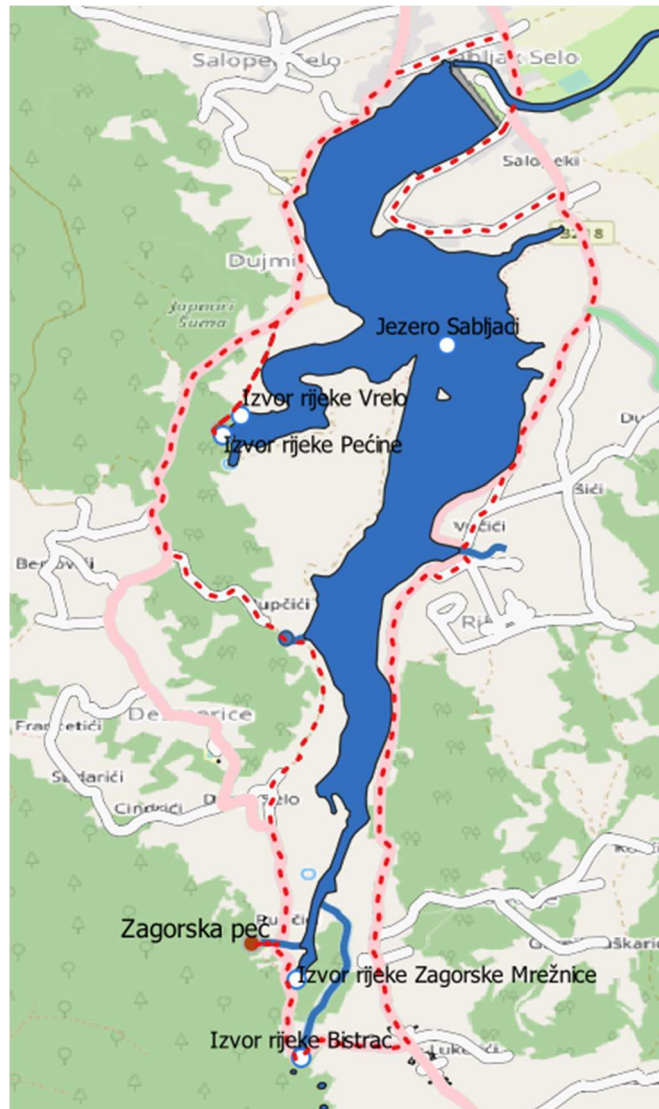
Slika 5-2 Jezero Sabljaci



Slika 5-3 Prikaz preljeva Zagorske Mrežnice

Oko jezera Sabljaci kreirana je kružna biciklistička ruta (slika 5-4). Ruta obilazi navedene izvore koji sačinjavaju jezero Sabljaci i speleološke objekte uz jezero. Dužina rute je 14,3 km te je tehnički zahtjevna zbog uspona i spustova većih duljina. Kružna ruta Sabljaci je namijenjena iskusnijim korisnicima.





Slika 5-4 Kružna biciklistička ruta jezera Sabljaci

### 5.1.1. Rijeka Tounjčica

Tijekom prijašnjih istraživanja ustanovljene je kako je izvor Tounjčice podzemno ispod brda Krpel, povezan s ponorima Zagorske Mrežnice. Rijeka Tounjčica izvire iz prostrane tristotinjak metara duboke špilje nedaleko naselja Tounj koja je vidljiva na slici 5-5.

Prvim djelom toka rijeka teče izrazito uskim ali ne izrazito dubokim kanjonom. Kod zaselka Skočići, Tounjčica prima pritek - potok Kukaču, te je od tog mjesta njen, ljeti prilično nestabilan tok, postaje stabilniji. Utjecaj na tok Tounjčice su razne atmosferilije i dotoka Zagorske Mrežnice.

Prikaz nestabilnog toka Tounjčice vidljiv je na usporednoj slici 5-6. Nakon sela Ožanići, Tounjčica ulazi u uzak dvjestotinjak metara dubok kanjon. Tu se posebno ističu slapovi Tounjčice te u Ožanićima joj se priključuje pritek Rudnica. Nizvodno rijeka Tounjčica se

širi te je kanjon blaži i prohodniji. Korito rijeke izbrazdano je dugačkim jamičastim sedrenim barijerama. Svoj tok Tounjčica završava u Mrežnici (Hršak, 2010).

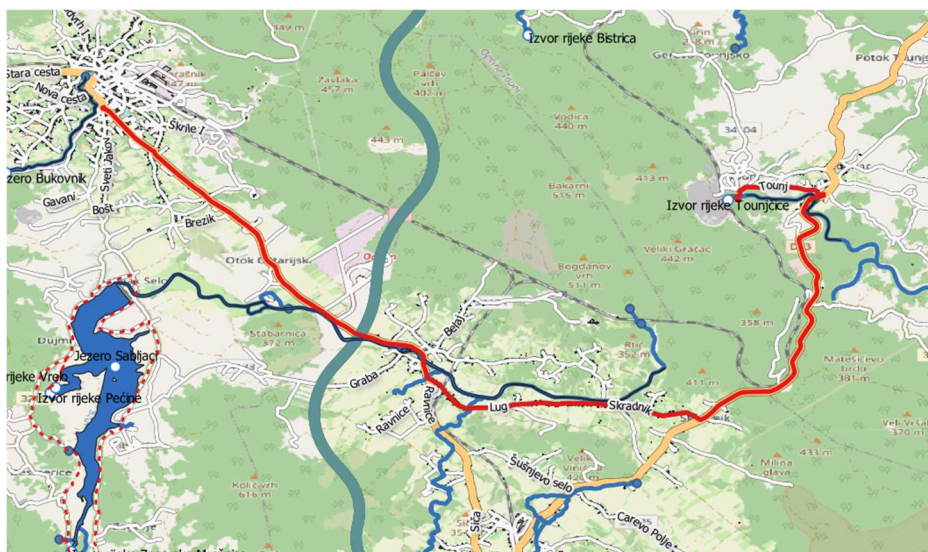


Slika 5-5 Prikaz rijeke Tounjčice



Slika 5-6 Prikaz toka Tounjčice uslikano 2.4.2023(lijevo) i 30.12.2022. (desno)

Biciklistička ruta koja vodi do Tounjčice započinje u Ogulinu (slika 5-7). Duljina rute je 14,4 km što pripada crveno označenim rutama. Ruta nije tehnički zahtjevna kao što je bio primjer kružne rute jezera Sabljaci ali se svrstava u duže rute.



Slika 5-7 Biciklistička ruta Ogulin-Tounj

## 5.2. Izvori vode akumulacijskog jezera Bukovnik

Osim Zagorske Mrežnice, značajna je i rijeka Dobra. Dobra je ponornica i dio rijeke protječe kroz podzemlje. Dijeli se na Ogulinsku i Gojačku Dobru. U određenim izvorima se može naći podjela na Gornju (Ogulinsku) i Donju (Gojačku) Dobru. Ogulinska Dobra se sastoji od pritoka Vitunjčica a Gojačka Dobra se sastoji od pritoka Globornice i Bistrice. Na slici 5-8 može se vidjeti prikaz rijeke Dobre gdje otječe prema pritoku Vitunjčice (Kovač Konrad i dr., 2022).



Slika 5-8 Ogulinska Dobra

Tok Ogulinske Dobre je dug 51 km i ponire u Đulin ponor (slika 5-9) u Ogulinu i ponovno se pojavljuje nakon 4 km podzemnog toka u izvoru Gojak kao Gojačka Dobra. Rijeka Dobra je imala neprekinut tok do Đulinog ponora te je nakon izgradnje akumulacijskog jezera Bukovnik (slika 5-10) konstantan tok prekinut. (Kovač Konrad i dr.,2022). Ogulinska Dobra nakon Đulinog ponora izvire u tri velika krška izvora: Gojačka Dobra, Ribnjak i Bistrica. Podno Gojačke glavice izvire Gojačka Dobra na kojoj je izgrađena i hidroelektrana Gojak (PU 6019, 2022). Đulin ponor je nastao na dodiru jurskih dolomita i krednih vapnenaca. Ulaz u ponor se nalazi 25 m ispod starog ogulinskoga grada (Hrvatska enciklopedija, 2023).

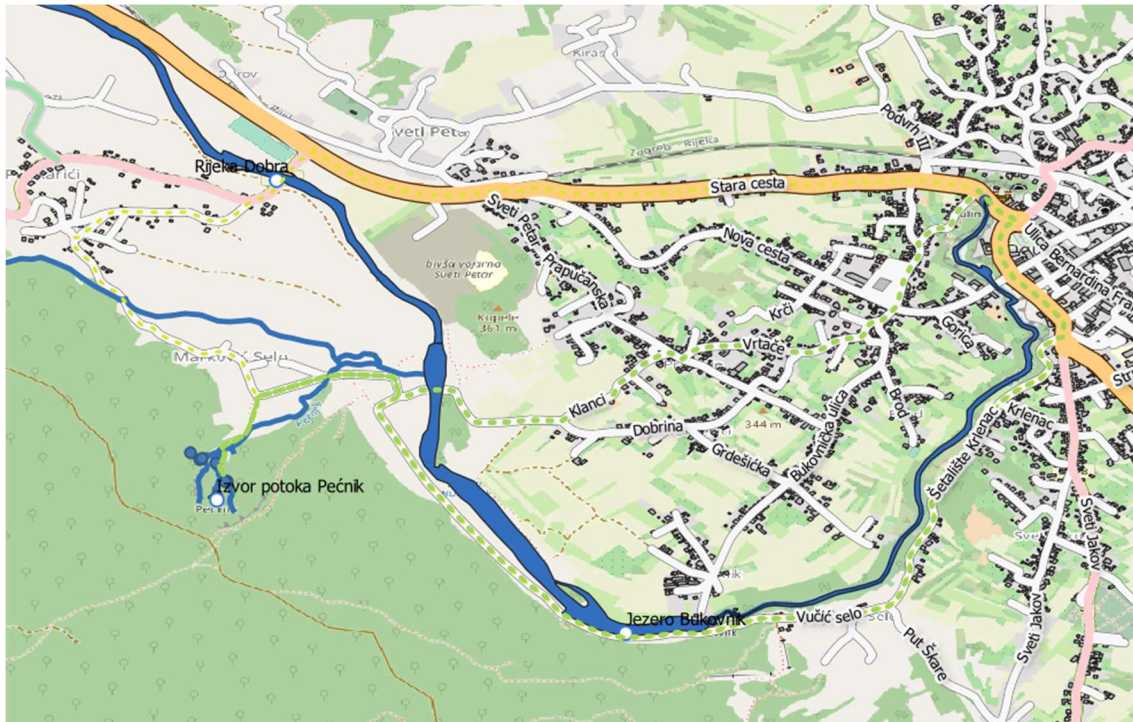


Slika 5-9 Đulin ponor



Slika 5-10 Prikaz brane i jezera Bukovnik

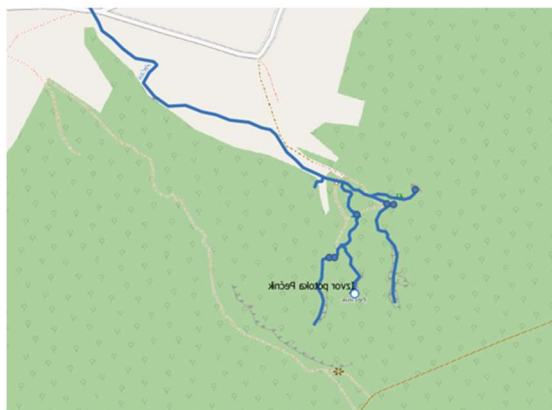
Rijeka Dobra je poslužila kao odlična podloga za kružne biciklističke rute. Kreirane su 2 biciklističke rute. Obje rute započinju u centru Ogulina kod Đulinog ponora. Ruta koja je manje zahtjevna i dužine do 6 km označena je zelenom a ruta koja prati većinu gornjeg toka rijeke Dobre označena je žutom bojom zbog tehničke zahtjevnosti ali dužine približno iste kao ruta označena zeleno.



Slika 5-11 Dvije kružne rute oko rijeke Dobre

### 5.3. Manji pritoci i izvori u Ogulinu i okolici

Jedan od manjih izvora koji se prelijeva u rijeku Dobru je Pećnik. Lokacijski je sjeverozapadno od jezera Bukovnik na trećem kilometru rijeke Dobre. (slika 5-12).



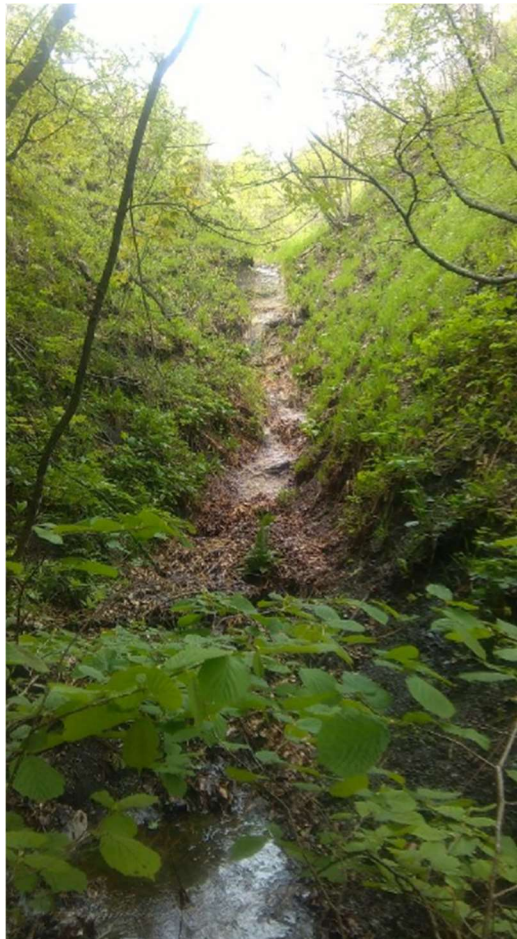
Slika 5-12 Izvor Pećnik

Osim potoka Pećnik, još jedan od potoka koji se ulijeva u rijeku Dobru je potok Vitunjčica (slika 5-13). Vitunjčica izvire ispod strmih padina Kleka u selu Vitunj te se s Dobrom spaja u selu Turkovići. Tok Vitunjčice je kratak a iznosi 3,5 km te zavojito protječe kroz brežuljkasti teren (K.P., 1950).



Slika 5-13 Potok Vitunjčica

Osim spomenutih potoka, podno Kleka je smješten Crni potok (slika 5-14) koji se ulijeva u Vitunjčicu. U donjem toku, na području Turkovića i mjestu ušća Crnog potoka u Vitunjčicu (slika 5-15), prepreku podzemnim tokovima predstavlja blaga antiklinala dogerskih i malmskih dolomita. U donjem dijelu korito je neznatno urezano u dolomitu s niskim valovitim nanosom aluvijalnog materija. Ovdje potok teče polagano i mirno, hraneći se vodom iz sporednih bočnih izvora (Džankić, 2017).



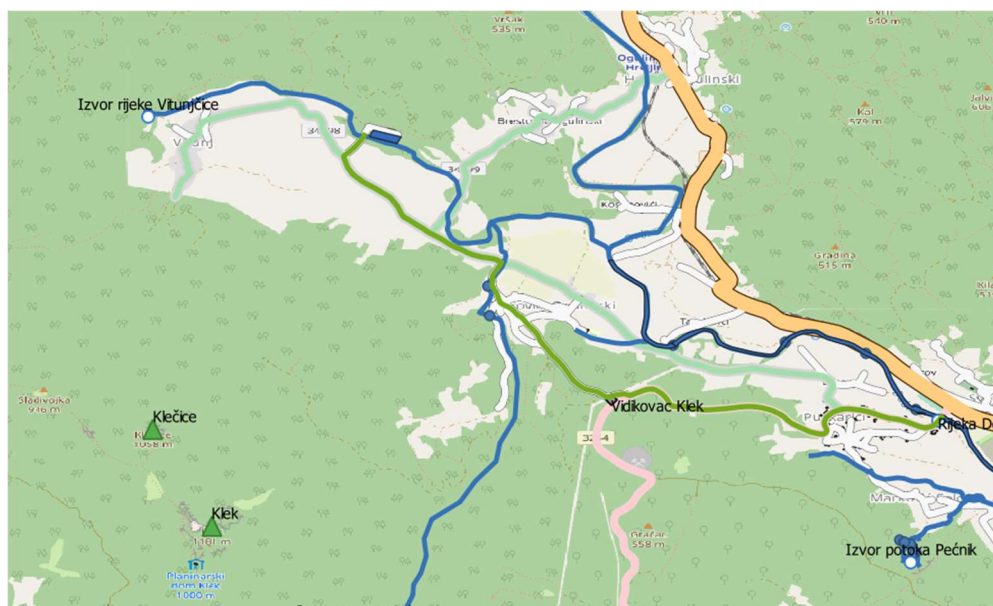
Slika 5-14 Crni potok podno Kleka (Džankić, 2017)





Slika 5-15 Dio potoka prema spajanju s rijekom Vitunjčicom

Biciklistička ruta koja prati rijeku Dobru, potok Vitunjčicu te Crni potok označena je zelenom bojom zbog dužine od 5,3 km (slika 5-16). Međutim, za ovu ruta bi trebala provjera na terenu zbog povećanog nagiba. Na ruti je postavljena lokacija „vidikovac Klek“ koja je proizvoljno napravljena lokacija. Vidikovac Golubinaac koji je na slici 3-1 u potpoglavlju 3.1 je moguće posjetiti samo pješaćenjem do njega. Stoga, je lokacija Vidikovac Klek kreirana zbog korisnika biciklističkih ruta.



Slika 5-16 Ruta Dobra-Vitunjčica

## **6. SPELEOLOŠKI OBJEKTI GRADA OGULINA I OKOLICE**

Ogulinsko područje je izuzetno bogato podzemnim vodama i podzemnom faunom. Cjelokupno područje odlikuje se razvijenom fluviokrškom i krškom morfologijom. Područje Modruškog Zagorja u kojem se nalazi sustav Pećine-Veliko vrelo predstavlja zonu stalnog istjecanja podzemnih voda prostranog karbonatnog zaleđa, koje prostorno pokriva planinsko područje Bjelolasice i Velike Kapele, polja u kršu s jugozapadne strane Velike Kapele i dio planinskog područja prema moru, sve do razvodnice prema Jadranskom slijevu, približno na liniji Brinje – Samarske stijene. Kroz ogulinsko područje ističe se dinarski pravac pružanja struktura, udolina i grebena, reljef u uslojenim vapnenačkim i dolomitnim naslagama, krška hidrografska cirkulacija, manje površinska, a više podzemna s razmjerno kratkim tokovima, s brojnim izvorima i ponorima (Kovač Konrad, 2010).

### **6.1. Špiljski sustav Đulin ponor – Medvedica**

Špiljsko sustav Đulin ponor – Medvedica je drugi speleološki objekt po dužini u Republici Hrvatskoj a zasigurno najduži u ogulinskom kraju. Dužina špiljskog sustava iznosi 16 396 metara. Sustav kanala rasprostire se ispod centra grada Ogulina i od toga 3 ulaza u samom centru grada (Kovač Konrad i dr.,2022). Špiljsko ulaz Đulin ponor je vidljiv na slici 6-1 s preostalim ulazima: jamski ulaz Badanj i špiljsko ulaz Medvedica prikazanih na karti.



Slika 6-1 špiljski ulaz Đulin ponor i prikaz svih ulaza na karti

Špiljski sustav ispunjen je špiljskim sedimentim–speleotemima ili sigmama (Kovač Konrad i dr.,2022). Sige nastaju u šupljinama i špiljama krških terena udaranjem i rasprskavanjem kapljica vode koje sadrže kalcijev hidrogenkarbonat te se onda izdvaja ugljični dioksid pa se stvaraju velike količine kalcijevog karbonata. Kamene sige se dijele na stalaktite sa svodova špilja i stalagmite s dna špilja (Vrkljan, 2001).

Međutim, sige u klasičnim oblicima stalaktita i stalagmita su rijetke u ovim špiljskim sustavima zbog uloge samog ponora, čestih potapanja i protjecanja vode kroz špiljske kanale koje sprječavaju ili usporavaju nastanak ali se u ponekim kanalima mogu zamijetiti. Što se najviše može zamijetiti na stropovima kanala su zavjese nastale kapanjem vode sa stropa koja se prije kapanja razlijeva po većoj površini što omogućava karakteristično taloženje minerala kalcita u obliku zavjese. Vidljivo je da u prijašnjim geološkim razdobljima nastale freatske sige (slika 6-2), dok je razina podzemne vode bila mnogo veća nego danas. Freatske sige su vrlo rijetke sige koje su izložene erozijskom-korozivnim djelovanjima vode u ovom špiljskom sustavu. Neki kanali zbog izglacanih rubova freatskih sigi poprimaju meke, bubrežaste konture. Osim freatskih sigi u podzemlju se mogu naći i vrtložni lonci (slika 6-3) nastali vrtloženjem vode na horizontalnoj plohi stijene (Kovač Konrad i dr., 2022).

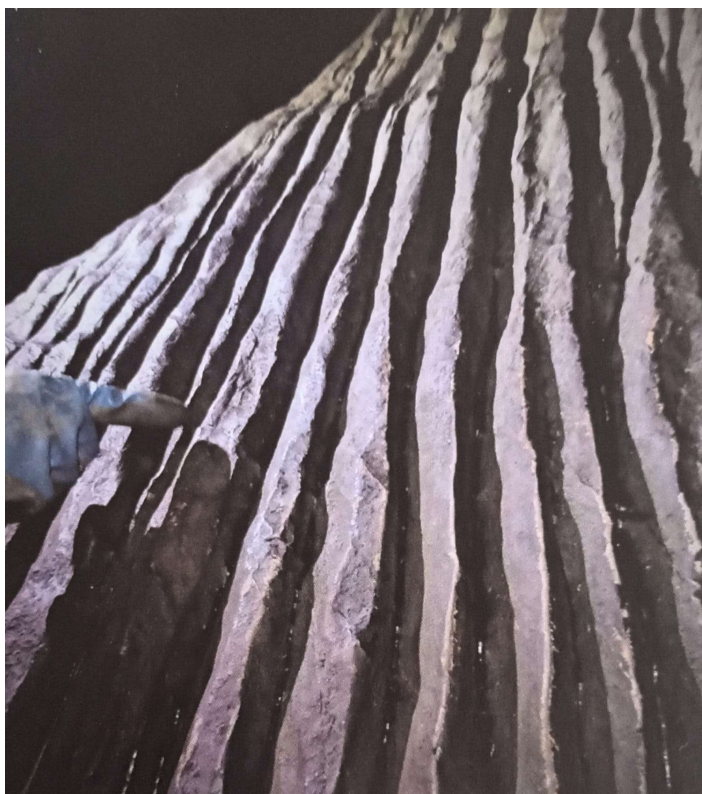


Slika 6-2 Prikaz freatskih sigi (Kovač Konrad i dr.,2022)



Slika 6-3 Prikaz vrtložnog lonca u boku kanala, dubok oko 1,5 m (Kovač Konrad i dr., 2022)

Osim spomenutih sigi i vrtložnih lonaca, za špiljskih sustav karakteristične su i škrape (slika 6-4). Škrape nastaju tečenjem vode po kosoj podlozi koja ima manju količinu ugljičnog dioksida u sebi zbog čega ne dolazi do taloženja kalcita, već voda otapa stijenu formirajući žljebove ili kanale. Uz škrape tu se mogu naći i žličaste strukture pomoću kojih se određuje strujanje vode. Strana na kojoj su strujnice dublje, pokazuje smjer dolaska vode, dok je plića strana strujnica usmjerena nizvodno (slika 6-5) (Kovač Konrad i dr., 2022).



Slika 6-4 Prikaz škrapa u špiljskom sustavu Đulin ponor – Medvedica(Kovač Konrad i dr., 2022)



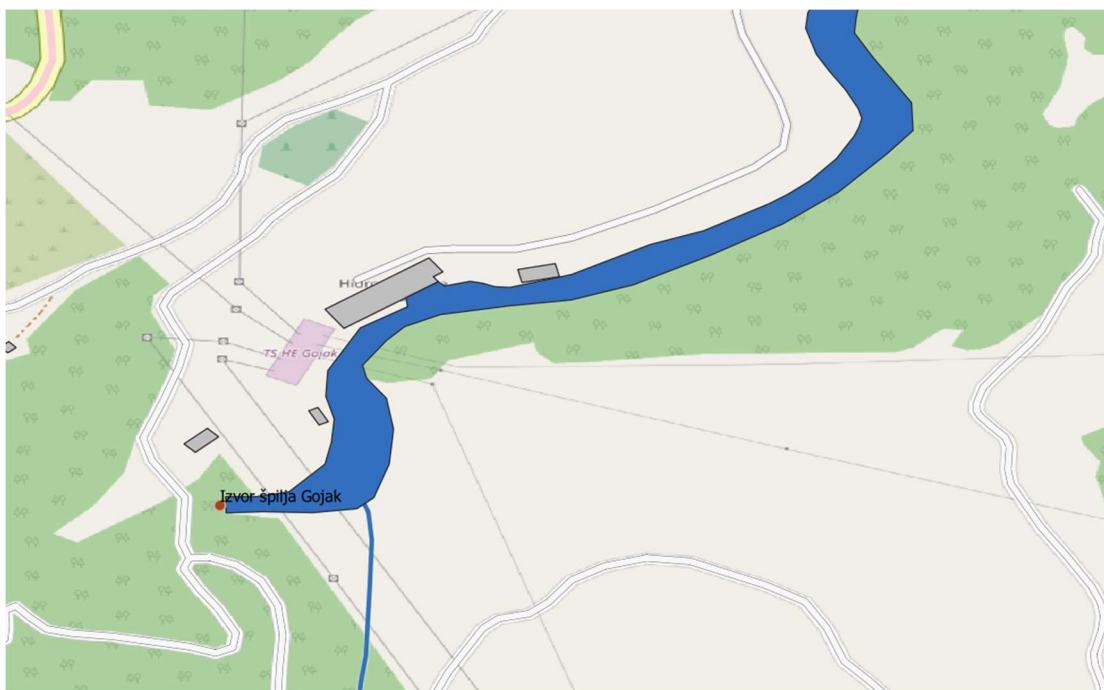
Slika 6-5 Žličaste forme koje pokazuju smjer strujanja(Kovač Konrad i dr., 2022)

## 6.2. Izvor- špilja Gojak

Dio špiljskog sustava Đulin ponor – Medvedica je izvor-špilja Gojak koja je također dio slijevnog sustava rijeke Dobre. Lokacija izvora-špilje je u selu Gojak, sjeveroistočno od Ogulina (slika 6-7). Špiljski kanal sastoji se od nekoliko većih blokova stijena koji impliciraju na neku odlomljenu krovinu te se iza nastavljaju duga podzemna jezera. Jezera su duboka 3-4 m a duljina su većih od 100 m te ih ima 10. U stropovima kanala vidljiva je pukotina koja je omogućila nastanak tih kanala. Duž kanala su vidljivi debelo uslojeni vapnenci. Na mjestima susretanja više tokova na dnu polupotopljenog kanal speleolozi su pronašli brojne vrtložne lonce promjera 0,5–1 m i 0,4 m dubine. Na slici 6-6 je vidljiv prikaz debelo uslojenih vapnenaca i jezera u špilji Gojak (Kovač Konrad i dr., 2022).



Slika 6-6 Speleolog u izvor-špilji Gojak(Kovač Konrad i dr., 2022).



Slika 6-7 Lokacija izvor-špilje Gojak na karti

### 6.3. Špilja Zala i izvor Bistrica

Špilja Zala smještena je na lijevoj strani kanjona potoka Bistrac, 1500 m nizvodno od izvora, u podnožju sjevernih padina brda Krpel, na području zvanom Tuk. Potok Bistrac dio je slijeva rijeke Dobre. Prikaz ulaza koji je orijentiran prema istoku, širine 5 m i visine cca. 2,4 m vidljiv je na slici 6-8. Morfološki se špilja može podijeliti na tri dijela: ulazni dio, vodeni kanal i prostrani kanal sa sifonskim jezerima (Karavanić i dr., 2013). Stijene u kojima je smješten speleoobjekt su vapnenačke i geološke starosti donje krede. U širem okruženju, uz kredne naslage nalaze se i starije stijene (trijas-jura) te mlađe tercijarne i kvartarne taložine. Pretpostavlja se da je špilja Zala nastala kombinacijom više geoloških faktora. Glavna pretpostavka je da je rasjedna tektonika i litološki sklop uz destruktivno djelovanje rječice Bistrac (slika 6-9) proizvela stvaranje šupljine u karbonatnom kršu (Vrsaljko dr.,2015).



Slika 6-8 Ulaz u špilju Zale (Karavanić i dr., 2013)



Slika 6-9 Prikaz izvora Bistrica



Biciklistička ruta koja vodi do izvora Bistrice započinje kod Tounjskog mosta te vodi preko željezničke pruge. Špilja Zale nije ukomponirana u rutu zbog teško dostupnog terena. Ruta Tounj-izvor Bistrica označena je žutom bojom zbog tehničke zahtjevnosti, ali duljinom od 7,8 km pripada kraćim rutama (slika 6-10).



Slika 6-10 Biciklistička ruta Tounjski most-izvor Bistrica

#### 6.4. Ponor Ambarac i jama Mandelaja

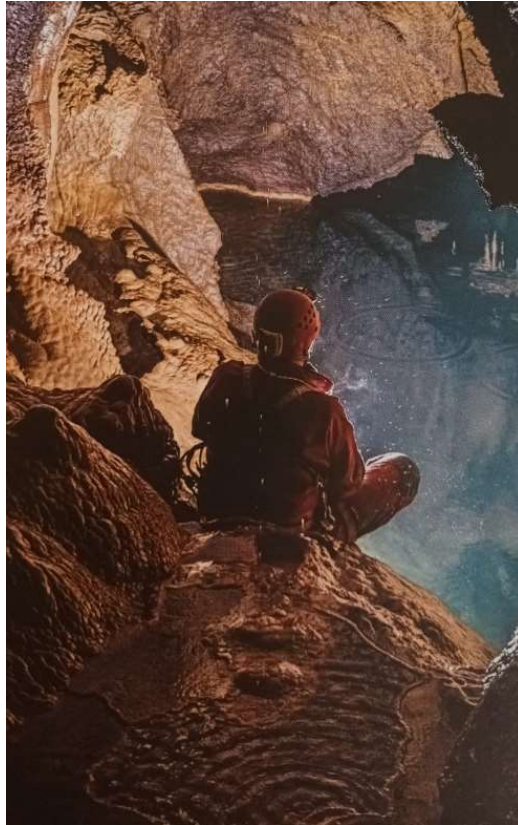
Ponor Ambarac je u prošlosti bio jedan od najvećih stalnih ponora rijeke Zagorske Mrežnice, ali nakon izgradnje akumulacijskog jezera Sabljaci, ponor je aktivan samo pri većem dotoku. Ponor se nalazi kod željezničke postaje u Oštarijama, u brdu Krpel. Trasiranjem vode je dokazano da je ponor Ambarac u hidrološkoj vezi sa špiljom u kamenolomu Tounj, i s izvorima rijeke Kukače i Tounjčice (Kovač Konrad i dr.,2022). Prema morfološkoj tipologiji ova jama pripada kategorijama razgranatih i etažnih speleoloških objekta. Morfološki se sastoji od dva glavna dijela. Južni dio (tzv. Stara i Nova Mandelaja) je razgranat, a sastoji se od aktivnih i reliktnih kanala (Bočić, 2020).

Ulaz u Ambarac je širok 8 m i visok 6 m (slika 6-11). Na dnu ponora se nalaze sedimenti a na stijenama kanala vidljivi su horizontalno položeni slojevi što upućuje na tektonske pokrete koji su indikator nastanka samog ponora. Međutim, ponor je onečišćen jer u njemu završava razni otpad koji je donio tok Zagorske Mrežnice (Kovač Konrad i dr., 2022).

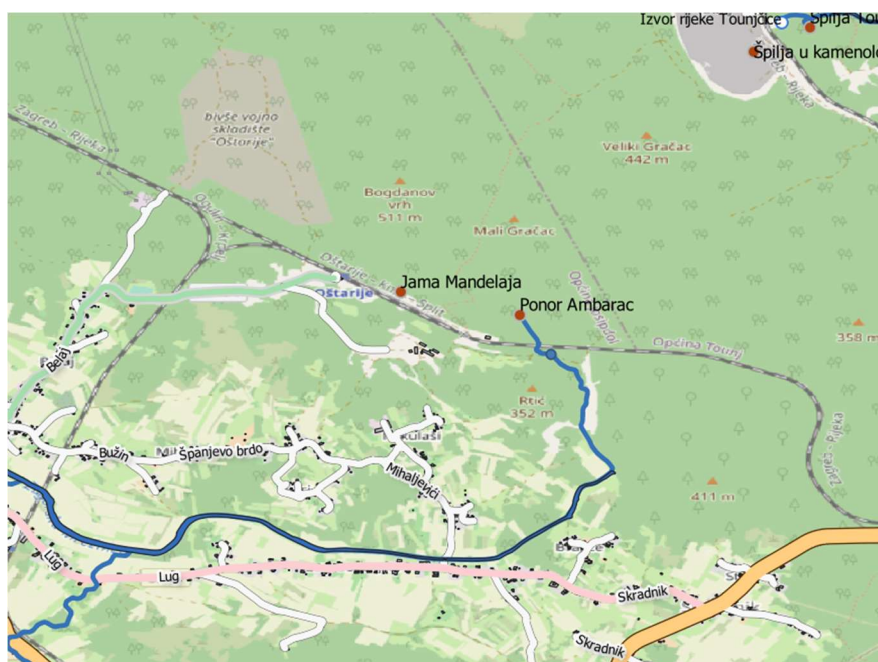


Slika 6-11 Ulaz u ponor Ambarac (Kovač Konrad i dr., 2022)

Ulaz u špiljski sustav Mandelaja nalazi se u blizini željezničke postaje Oštarije (a dijelovi objekta i ispod željezničke pruge Zagreb – Rijeka), na jugoistočnoj padini Krpela. S istraženih 2 456 m tlocrtne duljine, spada među veće speleološke objekte u RH (PU 6019, 2022). U speleološkim istraživanjima je otkriveno Veliko jezero (slika 6-12) koje je povezano s ponorom Ambarac i da je rijeka Zagorska Mrežnica kroz Mandelaju podzemnim putem otječe podno brda Krpel, te dalje prema izvorima Kukače i Tounjčice (slika 6-13) (Kovač Konrad i dr.,2022).



Slika 6-12 Jezerce u jami Mandelaji (Kovač Konrad i dr., 2022)



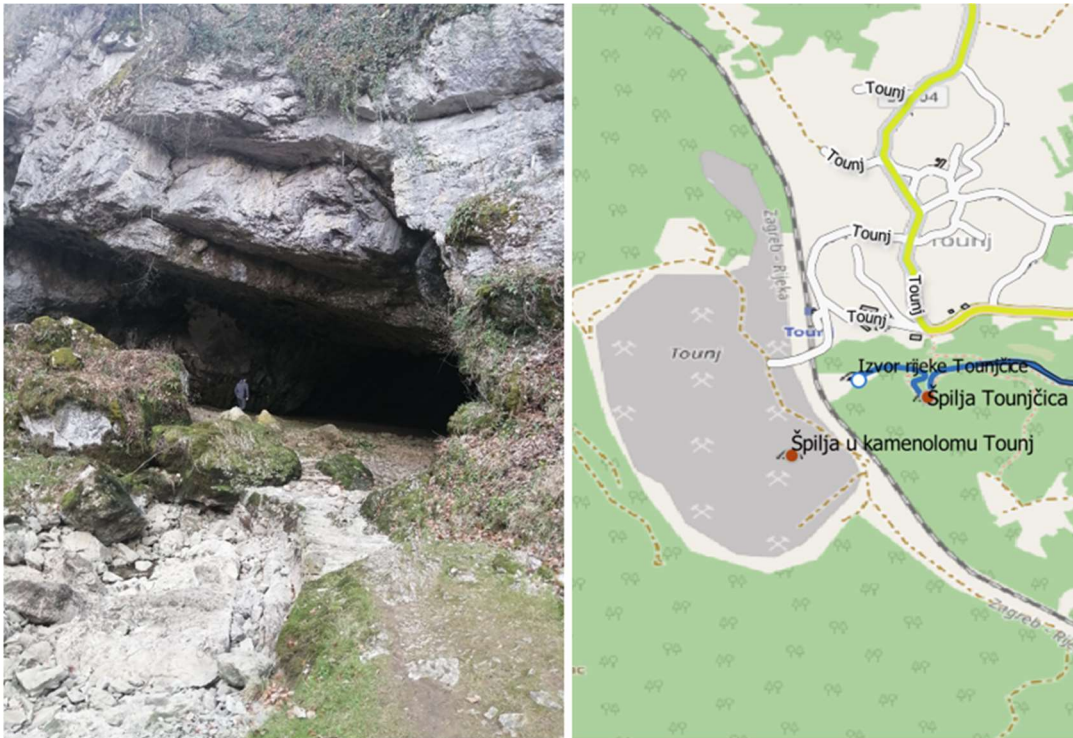
Slika 6-13 Prikaz jame Mandelaja i ponora Ambarac na karti

## 6.5. Špilja Tounjčica i špilja u kamenolomu Tounj

Špilja Tounjčica se nalazi na istočnoj strani brda Krpel, južno od mjesta Tounj. Ulaz u špilju je širok 21 m a visok 6 m (slika 6-14). Ulaz u špilju je moguće obići do otprilike udaljenosti od 100 m ali za daljnje istraživanje je potrebna speleološka oprema. Špilja je nastala na kontaktu jurskih i krednih vapnenaca. Manja otpornost krednih vapnenaca omogućila je toku Tounjčice stvaranje kanjona, nasuprot njezinom djelovanju u jurskim, otpornijim, vapnencima, gdje je razvila samo uže podzemne tokove (Pasarić, 1961).

Postanak špilje može se raščlaniti na tektonsko i hidrografsko djelovanje. Opća razdrobljenost stijena ovog područja se odrazila u špilji putem brojnih pukotina dvojakog smjera. Hidrografski učinci su uzročno-posljedično povezani s tektonskim djelovanjem. Protjećuća voda je uz pomoć vode koja se cijedila lako korozivno i erozivnom djelovala na jako raspucane vapnence. Stoga je došlo do rušenja stropa i strane kanala. Iznad špilje Tounjčice nalazi se otvor u Malu pećinu Tounjčicu koja je čisto korozivnog postanka. Obje pećine oskudijevaju na sigastim tvorevinama. U donjoj se pećina se u ulaznoj prostoriji nalazi jedan veći stalaktit. U Malo pećini postoje sigaste tvorevine u srednjem i posljednjem dijelu pećine. Protočnu vodu pećina Tounjčica dobiva najvećim dijelom iz Zagorske Mrežnice. Protok je diktiran stanjem na akumulacijskom jezeru Sabljaci (Pasarić, 1961).

Međutim, u špilji također postoji jezero kao što je vidljivo na slici 6-15. Prema morfološkom tipu špilja pripada kategoriji razgranatih speleoloških objekata iako je njezina morfološka kompleksnost znatno manje izražena u odnosu na špilju u kamenolomu Tounj. Morfološka obilježja kanala upućuju na freatski razvoj. Hidrografska povezanost špilje Tounjčice i špilje u kamenolomu Tounj je bila jedna od pretpostavki koja je dokazana 2019., kada su speleoronioci preronili iz sifona Tounjčice u Mamutovo jezero u špilji kamenoloma Tounj. Poslije dokazane povezanosti obje špilje se pretpostavlja se da je špilja Mala Tounjčica dio reliktna etaže unutar špilje u kamenolomu (Bočić, 2020).



Slika 6-14 Špilja Tounjčica



Slika 6-15 Jezero u špilji Tounjčici (geotech, 2023)

Špilja u kamenolomu Tounj je otkrivena 1983. zbog urušavanja stropa uslijed rada kamenoloma. Špilja u kamenolomu nema poznate prirodne ulaze, već su oni nastali uslijed rada kamenoloma u Tounju. Danas špilja ima dva ulaza u kamenolomu, te je jedan od njih prikazan na slici 6-16. Špilja se morfološki može podijeliti na sjeverni i južni dio. Stvarna duljina špilje iznosi 8 639 m i kao takva zauzima 5. mjesto po duljini speleoloških objekata u Hrvatskoj (Bočić, 2020).

Geomorfološki oblici koji se mogu naći u špilji su stalaktiti i stalagmiti te freatske sige. Osim spomenutih oblika zabilježena je pojava špiljskih bisera i heliktita (Trpčić i Cvitanović, 2013). Heliktiti predstavljaju sige koje rastu u svim smjerovima, pa čak i u suprotnom od gravitacije (speleologija, 2008). Unutar špilje su nađeni rijetki korozijski i erozijski oblici kao što su fasete, muljne i glinovite vermikulacije (slika 6-17) (Trpčić i Cvitanović, 2013). Vermikulacije su tanki, nepravilni, ravni ili vijugavi, isprekidani talozi mulja i gline koji se nalaze na zidovima, stropovima i podovima špilja (speleologija, 2008).



Slika 6-16 Jedan od ulaza u špilju na kamenolomu Tounj



Slika 6-17 Prikaz vermikulacija u Pjegastoj dvorani (spelologija, 2008)

### **6.6. Sustav Pećine-Veliko vrelo (Stoševo)**

Potopljeni špiljski sustav Pećine-Veliko vrelo se nalazi kraj Dujmić Sela na zapadnoj obali akumulacijskog jezera Sabljaci. Oba izvora su speleoronioci otkrili da su povezani. Speleolozi su istraživanjem utvrdili da je Pećine-Veliko vrelo jedan od najduljih slatkovodnih potopljenih sustava u Hrvatskoj. Također, radi se o kontaktnom tipu izvora (kontaktni izvori javljaju se na kontaktu vodopropusnih i vodonepropusnih ili slabo propusnih stijena) te voda teče kroz „slobodni“ tip vodonosnika (propusni sloj samo djelomično ispunjen vodom) (slika 6-18) (Kovač Konrad i dr.,2022).

Daljnijim istraživanjima otkriveni su suhi kanali koji su spojeni te predstavljaju višu etažu koja se proteže iznad potopljenog kanala. Na stropu su uočeni stalaktiti manjih dimenzija te predstavljaju pokazatelj da u tom kanalu razina vode ne podiže do stropa. Budući da je iznad potopljenog kanal nađen suhi kanala koji je već u svojoj drugoj fazi speleogeneze takav tip speleološkog objekta klasificira se kao etažni speleološki objekt a kako je utvrđeno da su povezani, također se klasificira kao špiljski sustav (Kovač Konrad i dr.,2022).

Morfologija Pećine-Veliko Vrelo će biti uvjetovano geološkom građom ali i tokom vode. Što je jači tok vode, to je veći podzemni prostor. Uz rubove kanala speleološkog objekta je istaložen sediment. Radom vode pojedini dijelovi kanala su izdubljeni, na pojedinim mjestima i do nekoliko metara stvarajući duboke i niske niše (Kovač Konrad 2010).



Slika 6-18 Pogled iz zraka na izvore Veliko vrelo i Pećine (Kovač Konrad i dr.,2022)

### **6.7. Zagorska peć**

Ulaz u Zagorsku peć je smješten 130 m od ulaza u izvor Zagorske Mrežnice. Pristup do ulaza u špilju čini put od 150 m koji prati korito toka povremenog izvora koji se nalazi u samoj špilji. Prikaz većeg dotoka iz izvora uslijed obilnih padalina na slici 6-19.



Slika 6-19 Prikaz toka iz Zagorske peći nakon velikih kiša (19.4.2023.)



Hidrogeološki Zagorska Mrežnica i Zagorska peć čine jedan sustav u geološkoj prošlosti odvojen urušavanjem površine koju su stvorile ponikve koje se nalaze između. Urušenja su vidljiva i u kanalima špilja Zagorske peći i u izvoru Zagorske Mrežnice kao nakupine kršja i kamenih blokova (slika 6-20) (Kovač Konrad i dr., 2022).

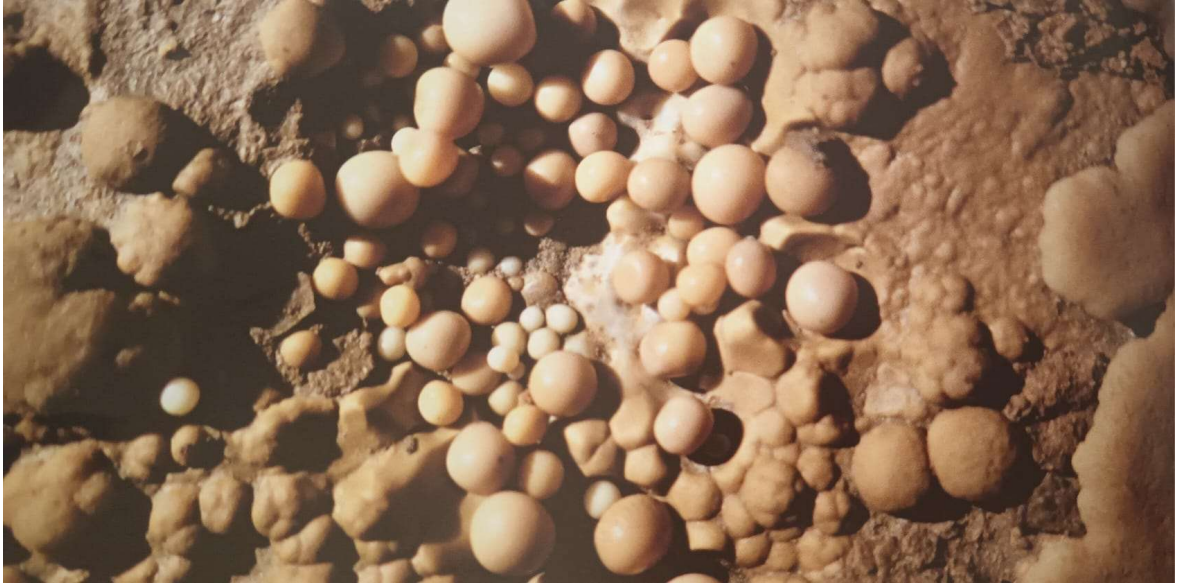


Slika 6-20 Prikaz ulaza u Zagorsku peć iznad litice

Zagorska peć ima nizak ali širok ulazni dio. Na dnu se nalazi kršje i valutice, a u stijenama su vidljivi horizontalno položeni slojevi deblji od 1 m. Nakon ulaznog dijela otvara se prostran kanal te u svojem stropu ima vidljivu pukotinu duž koje se vjerojatno razvio. Na dnu kanala i u njihovim bokovima nalaze se velike količine sitnozrnatog sedimenta što ukazuje da je češće otjecala voda od ostatka špilje. Oba kanala završavaju jezerom. Na 46 m udaljenosti od najbližeg kanala izvora Zagorske Mrežnice se nalazi neprolazno urušenje (Kovač Konrad i dr., 2022).

Zagorska peć ne obiluje sigama, pretpostavlja se zbog povremenog plavljenja. Međutim, u špilji se nalaze špiljski biseri (pizoliti) koji predstavljaju nakupine kalcita raznih dimenzija

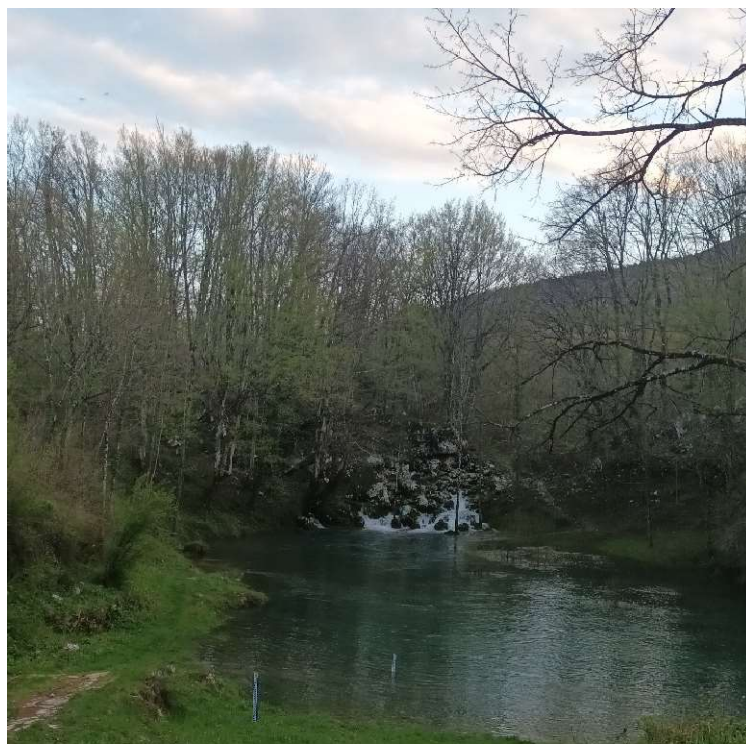
(1-10 cm). Mogu biti glatki ili hrapavi te su građeni od koncentričnih slojeva kristala kalcita koji se talože oko jezgre koja može biti zrno pijeska, ulomak sige, kosti, ljušture (slika 6-21). Voda koja kapa sa stropa na te jezgre ih stalno okreće i zaobljuje (Kovač Konrad i dr., 2022).



Slika 6-21 Špiljski biseri u Zagorskoj peći (Kovač Konrad i dr., 2022)

### **6.8. Izvor i ponor Rupećice, Zeleno (Šmitovo) jezero**

Izvor i ponor Rupećice te Šmitovo jezero čine krški sustav. Rječica Rupećica protječe uvalom duljine oko 50 metara do ponora Rupećice. Tok se prelijeva kroz zid i ponire u ponor Rupećice u stijenskom amfiteatru. Ulaz u izvor nalazi se nekoliko metara iznad jezera nakon kojeg se nastavlja rječica, između kamenih blokova, obraslih zelenom mahovinom. Kada je povećana količina padalina voda istječe preko tih kamenih blokova (slika 6-22) (Kovač Konrad i dr.,2022).

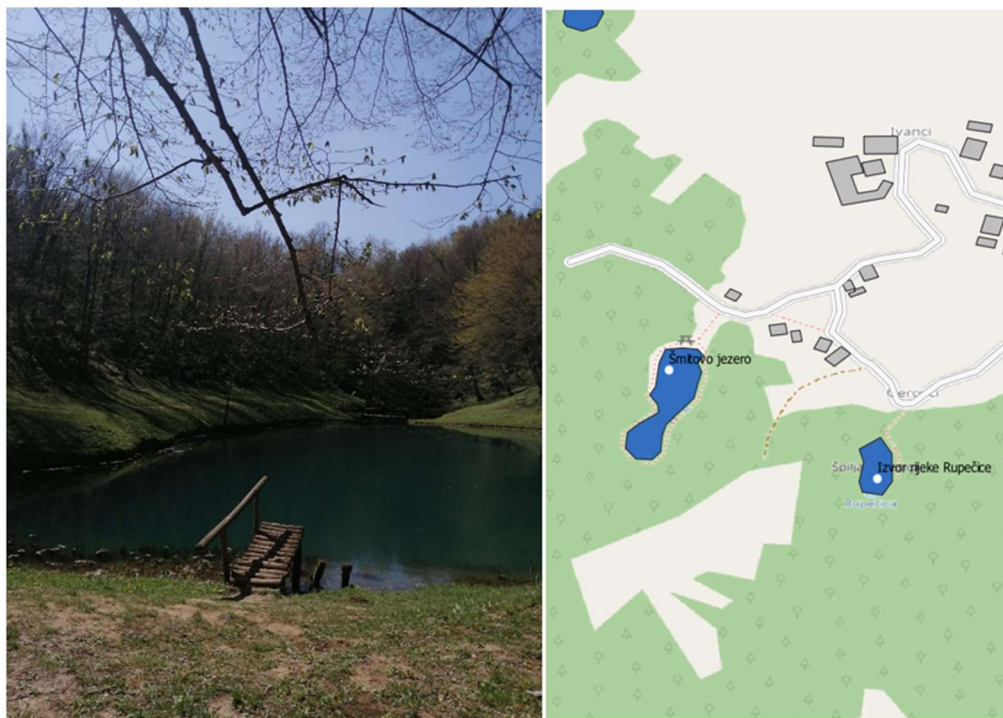


Slika 6-22 Izvor rječice Rupećice za vrijeme obilnih padalina (19.4.2023 .)

U sušnom razdoblju moguć je ulazak u špilju te su nađeni stalaktiti narančaste boje, različitih oblika i dimenzija, nastali u vrijeme kada dio stropa špilje nije bio potopljen.

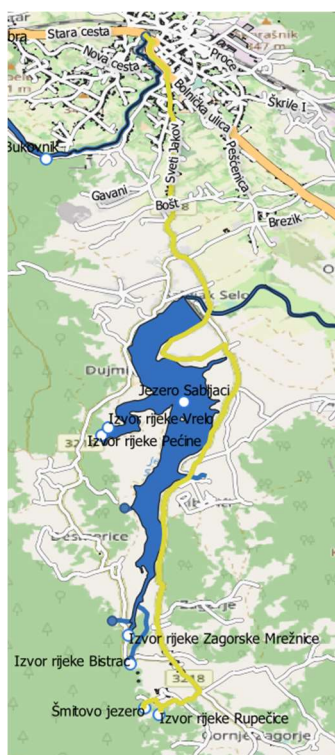
Ponor Rupećice se nalazi ispod strme stijene i ima dva ulaza a to su potopljeni i jamski. Nakon potopljenog uskog ulaza i manje prostorije, kanal se diže preko srušenih blokova stijena gdje se dolazi do jamskog ulaza. Stijene u ponoru su tamne, gotovo crne boje, a na dnu se nalaze oble valutice. Zatim u zadnjoj dvorani koja završava urušenim blokovima iznad koji se nastavlja uska pukotina koja je spojena s površinom. Dokazano je da je pukotina povezana s uskim prolazom između kamenih blokova koji se nalaze neposredno pored Šmitovog jezera (Kovač Konrad i dr., 2022).

Šmitovo (Zeleno) jezero se sastoji od dva jezera, Velikog i Malog (slika 6-23). Veliko jezero je dugo 60 m a Malo 30 m. Veliko jezero duboko je 25 m, ovisno o razini podzemne vode. Na dnu jezera se nalaze veće količine mulja i veliki kameni blokovi koji ukazuju na to da su jezera nastala urušavanjem i potapanjem dviju ponikvi. Voda dotječe iz ponora Rupećice. Najveća vertikalna pukotina se nalazi u Velikom jezeru te se ona nakon 5 metara sužava (Kovač Konrad, 2022).



Slika 6-23 Šmitovo (Zeleno) jezero

Biciklistička ruta do Šmitovog jezera i izvora Rupečice započinje kod Đulinog ponor te zbog svoje dužine od 12 km i tehničke zahtjevnosti pripada žuto obojenim rutama. Ruta prati jednu stranu jezera te taj dio rute pripada i kružnoj biciklističkoj ruti oko jezera.



Slika 6-24 Ruta Đulin ponor-Rupečica-Šmitovo

## 7. ZAKLJUČAK

U ovom diplomskog radu cilj je bilo pokazati korištenje QGIS sustav za izradu konceptualne karte koja je sadržavala geomorfološke, hidrogeološke i speleološke lokacije grada Ogulina i okolice. Izrada konceptualne karte je počela s istraživanjem geologije Ogulina. Podaci u literaturi su pokazali da geologija grada Ogulina nije dovoljno istražena od strane geologa i drugih stručnjaka. Međutim, veliki doprinos u istraživanju geologije, geomorfoloških i hidrogeoloških značajki grada Ogulina i okolice su dali speleolozi.

Na konceptualnu kartu su dodane i lokacije koje nije moguće obići biciklima. Razlog unosa je da se određene lokacije povežu u smislenu jedinicu. S time se dobila detaljna slika geologije Ogulina te integrirajući u kartu može poslužiti daljnjem informiranju javnosti. Konceptualna karta se može upotrijebiti za lokalnu zajednicu kao podloga za edukaciju stanovništva ili u turističke svrhe.

Pomoću QGIS sustava dobila se vizualizacija na karti koja pomaže pri boljem razumijevanju geologije Ogulina. Vizualizacija ponajviše pomaže pri boljem razumijevanju isprepletenosti hidrogeološki i speleološki lokacija.

OpenStreetMap dodatak je bio od velike pomoći u izradi diplomskog rada te svjedoči o širokom rasponu korištenja velikog dijela javnosti. U izradi konceptualne karte većina podataka s OSM-a je pokazala veliku točnost. Međutim, uočena je pogreška koja svjedoči kako treba provjeriti podatke prije daljnje obrade.

Za izradu ruta korišten je OSM dodatak ORS Tools. ORS Tools se osim za bicikle može koristiti za osmišljavanje ruta za pješaćenje, planinarenje, obilazaka autom. Zbog sve popularnijeg planinarenja može se koristiti u ovom slučaju za rute planinarenja na ogulinsku planinu Klek, te na kartu koja sadrži biciklističke rute unijeti i planinarske rute. Osim planinarskih ruta dodale bi se i rute koje bi obilazile speleološke lokacije. Unosom ruta za planinarenja i pješaćenje bi se dobila cjelovita slika geologije grada Ogulina.

## 8. POPIS LITERATURE

Bačani A.(2006) : Hidrogeologija, Zagreb,udžbenik, Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Bočić N. (2020) : Geomorfologija krša na području Oštarije–Tounj i njezin značaj u geomorfološkoj evoluciji šireg područja, Geografski glasnik, 82/2, str. 5-37

DESA (2018): Osnove GIS-a: priručnik. Dubrovnik, DESA-Dubrovnik i projektni partneri

Džankić M. (2017) : Geomorfološka obilježja doline Crnog potoka kod Ogulina, završni rad, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet

Geotech (2023), Speleološki objekti u flišu,URL: <https://www.geotech.hr/speleoloski-objekti-u-flisu/> (28.8.2023)

Hrvatska enciklopedija mrežno izdanje (2023),Klek, URL: <https://www.enciklopedija.hr/natuknica.aspx?id=31809> (1.9.2023)

K.P. (1950) : Potok Vitunjčica i njegov značaj za umjetni uzgoj potočne pastrve, Croatian Journal of Fisheries : Ribarstvo, 5(11-12), str. 271-273 URL: <https://hrcaj.srce.hr/clanak/234303> (25.8.2023)

Karavanić, I., Šošić, R., Vukosavljević, N., & Ahern, J. (2008): Sustavna arheološka istraživanja špilje Zale kod Tounja, Modruški zbornik, 2(2), str. 31-35.

Kovač Konrad P. (2010) : Uloga speleoroničkih istraživanja u istraživanju i zaštiti potopljenih špilja (primjer Pećine -Veliko vrelo), rektorski rad, Zagreb: Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet – geografski odsjek

Kovač Konrad P., Vučić V., Jalžić B. (2022): Tajne špilja ogulinskog kraja, Zagreb-Zadar,Sveučilište u Zadru, Dinaric Hub d.o.o.

Mapscaping (2022), What Is A SHP File, URL: <https://mapscaping.com/what-is-a-shp-file/> (2.9.2023)

Marković Z.(1991): Strukturno-geomorfološke osobitosti okolice Ogulina, diplomski rad,Zagreb, Rudarsko-geološko-naftni fakultet

Mihalić A, (2009.) : Jama ispod heliodrom (Klek), Subterranea Croatica, 7(11), str. 14-16

Naturaviva (2023), Klek, URL:<https://naturaviva.hr/klek/> (1.9.2023)

Openstreetmap (2023), OpenStreetMap snabdijeva geografskim podacima tisuće internetskih stranica, mobilnih aplikacija i uređaja, URL: <https://www.openstreetmap.org/about> (1.8.2023)

Pasarić I. (1961): Pećina Tounjčica, Speleolog, 11, čl.2, str. 10-13

Plugins.qgis (2023), QGIS Python Plugins Repository-ORS Tools, URL: <https://plugins.qgis.org/plugins/ORStools/> (5.9.2023)

PU 6019 - Plan upravljanja područjem ekološke mreže Ogulinsko – plašćansko područje (2022), Ogulin, Javna ustanova Natura Viva, Ministarstvo gospodarstva i održivog razvoja i Zadruga Granum Salis

QGIS (2020), A Free and Open Source Geographic Information System, URL: <https://qgis.org/en/site/> (16.7.2023.)

Qgistutorials (2023), Searching and Downloading OpenStreetMap Data, URL: [https://www.qgistutorials.com/en/docs/downloading\\_osm\\_data.html](https://www.qgistutorials.com/en/docs/downloading_osm_data.html) ( 2.9.2023)

Speleologija (2008), Heliktiti, URL:<http://speleologija.eu/znanost/sige/sige-oblici-heliktiti.html> (27.8.2023)

Speleologija (2008), Ostale tvorbe špiljskih taloga, URL: <http://speleologija.eu/znanost/sige/sige-oblici-ostalo.html> (27.8.2023)

Triplat Horvat M., Tutić D., Čudina V. (2018): Kartiranje urbanih područja u OpenStreetMapu na primjeru grada Novske, Geodetski list, 72 (95), str. 293-309

Trpčić M. I Cvitanović H. (2013): Tounjske špilje, letak, Tounj, Općina Tounj

Velić, I. & Sokač, B. (1982): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, List Ogulin L33-103  
Geološki zavod, Zagreb (1969–1980); Savezni geološki institut, Beograd (1981), 95

Velić, I., Sokač, B. & Šćavnićar, B. (1982): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač  
za list Ogulin L33–103. – Geološki zavod, Zagreb (1980); Savezni geološki institut,  
Beograd, 46 str.

Velić, I., Sokač, B. & Šćavnićar, B. (1982): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100.000, Tumač  
za list Ogulin L33-103. Geološki zavod, Zagreb (1980); Savezni geološki institut, Beograd,  
str. 46

Vrsaljko D., Bošnjak M., Japundžić (2015): Geomorfologija Ogulinsko-plašćanske udoline,  
Arheologija špilje Zale, čl.1, str 7-9

Wiki.openstreetmap (2023), Elements, URL: <https://wiki.openstreetmap.org/wiki/Elements>  
(1.8.2023)