

# GEOLOŠKE KARAKTERISTIKE OKOLINE PEĆINSKOG SUSTAVA VJETRENICA KOD ZAVALE U POPOVOM POLJU, BIH, UZ PRIMJENU METODA DALJINSKE DETEKCIJE

**Enes Šerifović, Amer Smailbegović**

Pećinski sustav Vjetrenice u blizini mjesta Zavala u Popovom Polju, BiH, predstavlja prirodni biser sa mnogobrojnih aspekta kao što su; bogatstvo živog svijeta, bogata istorija okolnog kraja koja se prepliće sa postojanjem Vjetrenice, napora istraživača u istraživanju i dužine pećinskog sustava.

Zbog svih pobrojanih osobina, naporima Speleološke udruge Vjetrenica, Vjetrenica je dospjela na Smaragdnu listu zaštićenih pećinskih sustava i predložena je na UNESCO-vu listu prirodne baštine.

Rad o geološkoj građi i tektonici šireg prostora Vjetrenice predstavlja sintezu podataka; dosadašnjih geoloških istraživanja, novog premjera prostorija pećinskog sustava, analizu satelitskih snimaka sa aspekta tektonike i morfologije, kao i dosadašnjih regionalnih hidrogeoloških istraživanja.

Tokom analize koristili smo multispektralne satelitske sisteme ASTER i Quickbird u svrhe interpretacije kompleksnih geo-morfološke pojava karstnog terena, u srednjoj i visokoj prostornoj rezoluciji, te digitalne modele reljefa izrađene putem ASTER snimka. Uspoređivanje podataka sa geološkom građom je izvršeno preko djela OGK list Ston, djela OGK list Trebinje, i snimljene situacije pećinskog sustava. U svrhu boljeg sagledavanja, kontrole i povezivanja podataka regionalnih istraživanja i obrađenih geoprostornih podataka, izvršen je terenski obilazak djela same Vjetrenice kao i veliki dio zaleđa, koji je bio pristupačan.

Istraživanjem šireg prostora pećinskog sustava Vjetrenice sa aspekta geološke građe, tektonskih odnosa, morfologije i hidrogeoloških odnosa ima za cilj postavljanje temelja za adekvatnu zaštitu ovog prirodnog bisera u kojem se poštuje postupnost u istraživanju. Sa regionalnog prostora se sistematski prelazi na samu kompleksnu strukturu Vjetrenice što omogućava bolju korelaciju podataka, usmjerava dalja istraživanja i postavlja temelje za analizu geneze i nastanka pećinskog sustava ove veličine, što ujedno stvara i fundamentalne preduslove za adekvatnu zaštitu.

Autori ovog rada ovim daju svoju podršku aktivnostima Speleološke udruge Vjetrenica na poslovima zaštite pećinskog sustava Vjetrenice kao jedinstvenom geološkom i biološkom fenomenu.

# 1. Uvod

Prve pisane podatke o istraživanjima Vjetrenice nalazimo kod J. Vavrovića (1893) a poslije M. Malez (1970) kada je otkriven kostur leoparda je dao pregled dosadašnjih radova koji ubrajaju radove: A. Hiljfering (1873), H. Mihaukivuč (1887), S. Milojević (1928, 1938), M. Radmanović (1929), M. Malez i Z. Pepeonik (1969).

U novije vrijeme urađeno je geodetsko snimanje kanala pećinskog sustava od strane D. Bakšića i drugi. (2002) kao i pregled geološke građe šireg prostora S. Čičić (2002). Međutim pored brojnih istraživača malo je konkretnih izvještaja o samim istraživanjima sa pregledom aktivnosti i rezultatima koji bi bili dostupni.

Prilikom ovih istraživanja korištena je postojeća dokumentacija listovi OGK Ston i Trebinje, HG karta Jugoslavije, prateći tumači za ove listove i pojedinačni radovi iz oblasti tektonike. Tokom analize koristili smo multispektralne satelitske sisteme ASTER i Quickbird u svrhe interpretacije kompleksnih geo-morfoloških pojava karstnog terena, u srednjoj i visokoj prostornoj rezoluciji, te digitalne modele reljefa izrađene putem ASTER snimka.

Obavljen je obilazak područja koje grubo možemo okonturiti; Vjetrenica do Velikog jezera, obilazak izvorišta Lukavac, nakon čega se pristupilo obilasku masiva u zaleđu Vjetrenice na potezu Zavala- Golubinac- Kijevo-Kijev Do - Belenići – dio puta prema Brekovcu, a drugi dan se prošlo putem u rekonstrukciji Ravno-Zavala.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Tokom prvog dana pored domaćina Ive Lučića bili su prisutni geolozi Sedin Alispahić, Goran Glamuzina i Enes Šerifović, drugi dan su pored domaćina bili geolozi Sedin Alispahić i Enes Šerifović, obradu satelitski snimaka je izvršio Amer Smailbegović.

## 2. Geografske karakteristike

Vjetrenica se nalazi u JI Hercegovini na južnom obodu Popova polja u neposrednoj blizini naselja Zavala općina Ravno, FBiH. Komunikacijski povezana je lokalnim putem na magistralni pravac Stolac – Ljubinje -Trebinje i to kao ogranak ovog puta koji prolazi i veže Ravno-Zavalu (BiH) i Slano (RH).

Blizina granice sa Republikom Hrvatskom i izlazak na Jadransko more može biti jedan od značajnih elemenata mogućeg turističkog razvoja ovog kraja ako se trenutni „malogranični“ prijelaz samo za lokalnu upotrebu podigne na regularni granični prijelaz.

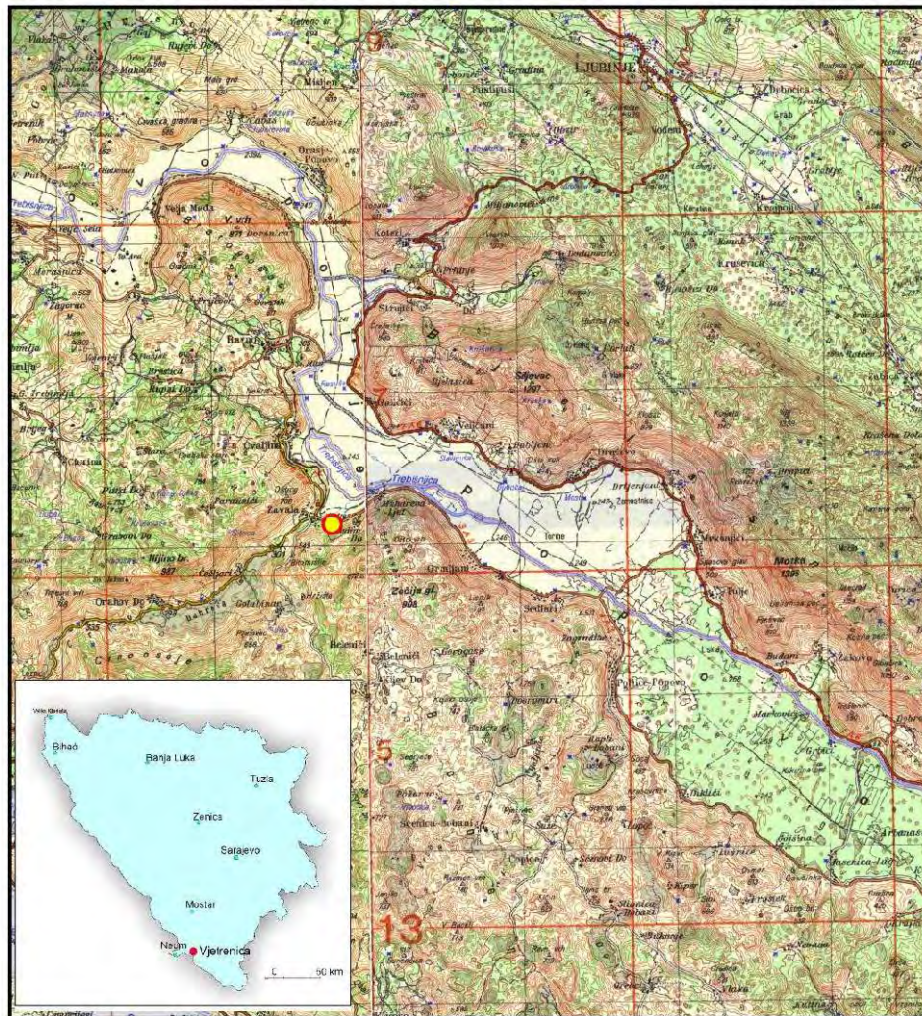
Morfološki teren je veoma raščlanjen (Prilog 1.) i u njemu dominira Popovo polje (243 m.n.v.) koje u odnosu na okolne vrhove ima visinsku razliku i preko 1000 m. Najmarkantniji vrhovi pripadaju planini Bjelašnici sjeverno od Vjetrenice, južno masivu Boban dok na sjeverozapadu to je masiv Bratogošac i na jugozapadu nad dolinom Dubrave dominira Ilijino brdo. Na Bjelašnici najviša kota je Siljevac 1297 m.n.v., u okviru masiva Boban dominira kota Zečija gl. 908 m.n.v., Bratogošcem dominira V.vrh sa 871 m.n.v. a samo Ilijino brdo ima kotu 987 m.n.v..

U neposrednoj blizini Vjetrenice prolazi korito rijeke Trebišnjice koja teče od Hutova do Trebinja u najvećem dijelu toka izvršena je melioracija polja i betoniranje korita rijeke. Najznačajnije izvorište u neposrednoj blizini Vjetrenice je izvor Lukavac, osnovna karakteristika je njegovo periodično izbijanje na površinu i tok prema Trebišnjici. Tokom većeg dijela godine do same vode je potrebno se spustiti urađenim putem u jamu dubine do 10m.

Brojne su manje i veće speleološke pojave i objekti u blizini Vjetrenice; sjeverno to su na masivu Bjelašnice; Dračevo i pećina podno Siljevca, južno u blizini Vjetrenice su pećine Bitomišlje i Hržište, na lokalnom putu u sanciji Ravno – Zavala radovima usjecanja su otkrivene brojne manje pećine i kaverne. Dok su na samom Popovom polju registrirani brojni ponori i estavele na 1km<sup>2</sup> dolazi 7,4 pojave (ukupno u Popovom polju oko 500 pojava).

Trenutno bliži prostor Vjetrenice je slabo naseljen kao posljedica ratnih aktivnosti i praktično su napuštena naselja Zavala i Čvaljina a malobrojni povratnici samo periodično borave u pojedinačnim obnovljenim objektima.

Geografski položaj pećine Vjetrenica kod Zavale, Popovo polje.  
M 1:50 000



Prilog br. 1; Geografski položaj pećine Vjetrenice kod Zavale, Popovo polje, BiH.

### 3. Osnovne karakteristike pećinskog sustava

Koordinate ulaza u Vjetrenicu su; x:4 744 630, y:6 499 080 i z:268, osnovne karakteristike pećinskog sustava Vjetrenice su pružanje njenog glavnog kanala približno SZ-JI kanal se na više mjesta lomi u manjim dionicama po pravcu S-J ukupna izmjerena dužina kanala je 5987,1 m, vertikalna razlika najniže i najviše tačke iznosi 141 m . Prema urađenom planu špilje i profilu možemo govoriti o debljini nadsloja prvi dio neposrednog ulaza ima nadsloj oko 130 m, središnji više od 220 m završni dio ima približnu debljinu od oko 450 m.

Termin pećinski sustav upotrebljavam sa aspekta geološke građe, tektonike šireg prostora i brojnim registrovanim špiljama u bližoj okolini koje su vjerojatno u vezi sa samom Vjetrenicom. Za sada u Vjetrenicu postoji samo jedan prohodan ulaz u kojem postoji jaka zračna struja po čemu je i sama Vjetrenica dobila ime što upućuje na pećinski sistem. Pećinski sistem u većem dijelu je približno horizontalan i blago nagnut prema Popovom polju uz iznimku par kraćih dionica, presjek kao i

izgled glavnih kanal govore u prilog njenoj davnoj hidrološkoj funkciji jakog periodičnog vrela prema Popovom polju.

Produbljivanjem erozionog bazisa definirale su se dvije etaže, trenutna hidrološka aktivnost se obavlja preko izvora Lukavac u neposrednoj blizini ulaza u Vjetrenicu a na samom rubu Popovog polja. Pored ovoga u samoj Vjetrenici postoji i stalna vodena masa Velikog jezera dok tokom hidrološkog maksimuma sam glavni kanal postaje neprohodan.



Prilog br.2.Plan i profil pećinskog sustava Vjetrenice.

Glavna crta većine kanala je odsustvo pećinskog nakita što je karakteristika protočnih kanala, koji u pogledu Vjetrenice dreniraju vode iz zaleđa dok promjene smjera kanala govore o tektonici koja je učestvovala u njenom formiranju.

## 4. Geološka građa terena

Osnovnu crtu geološkoj građi šireg prostora daju krečnjačke, dolomitne i krečnjačko-dolomitne tvorevine jure i krede, prema autorima OGK list Ston i list Trebinje jura je raščlanjena na:  $J_{1,2}$  (jura), lijas-doger,  $J_3^{1,2}$  (jura), oksford-kimeridž  $J_3^{2,3}$  (jura), kimeridž-portland. (Prilog br.5, 6 i 7.)

Kreda je raščlanjena na;  $^1K_1$  (kreda), otriv-barem,  $^2K_1$  (kreda), dio barema-cijeli apt-dio alba,  $K_{1,2}$  (kreda), alb-cenoman,  $K_2^{1,2}$  (kreda), cenoman-turon i  $K_2^3$  (kreda), senon.

Ograničeno su zastupljene paleocensko-eocenske tvorevine dok kvartar dominira Popovim poljem kao aluvijalna tvorevina rijeke Trebišnjice, u ograničenom obimu se javljaju proluvijalni materijali i produkti površinskog raspadanja kao što je crvenica.

Registrovane tvorevine tektonski pripadaju navlaci visokog krša, tektonski su razlomljene sa slabom vegetacijom i predstavljaju idealnu sredinu za pojavu brojnih kraških pojava kao što su: pećine, jame, ponori i uski klanci, a na samoj površini krečnjačkih masa se javljaju brojne škrape.

## **4.1 Stratigrafija**

### **J<sub>1,2</sub> -Jura, lijas-doger**

Na geološkoj karti su registrovane (J<sub>1,2</sub> Oolitični i pseudoolitični krečnjaci s saliporelama) na krajnjem JI predstavljene su sa oolitičnim i pseudoolitičnim krečnjacima sive boje koji su slabouslojeni do neuslojeni, rijetko ih prate i to pretežno u središnjem dijelu dolomiti i dolomitični krečnjaci. (Prilog br.6.)

Debljina ove serije iznosi oko 280 metara.

### **J<sub>3</sub><sup>1,2</sup> -Jura, oksford-kimeridž**

Ove tvorevine (J<sub>3</sub><sup>1,2</sup> Krečnjaci s kladokoropsisima) se također nalaze na JI dijelu geološke karte, kontinuirano su taložene preko lijas-dogerskih tvorevina. Predstavljene su krečnjacima sa čestim izmjenama sivih i smeđesivih dolomita. Na osnovu fosilnih ostataka su izdvojene kao oksford-kimerdž a debljina ove jedinice iznosi oko 300 m.

### **J<sub>3</sub><sup>2,3</sup> -Jura, kimeridž-portland**

Ove tvorevine (J<sub>3</sub><sup>2,3</sup> Krečnjaci i dolomiti s klipeinama) su predstavljene krečnjacima i dolomitima različitog facijalnog razvoja gdje se pravi jasna razlika između tvorevina između Kijev dola i Slanog od tvorevina okoline Zavale. Potez Kijev do – Slano karakterišu sivi, svijetlosivi i bjeličasti krečnjaci sa brojnim nalazima alge *Clypeina jurassica* u kojim dolaze tanji proslojci dolomita, koji se bočno i vertikalno izmjenjuju sa krečnjacima.

Dok je za područje Zavale karakteristična pojava dolomita sive i tamnosive boje sa proslojcima krečnjaka, njihova pripadnost utvrđena superpoziciono i na osnovu litološkog izgleda. Vapnenci se javljaju u gornjem dijelu stuba preko kojeg normalno leže tvorevine starije krede.

Tokom terenskog obilaska u neposrednoj blizini ulaza u Vjetrenicu su registrirani uslojeni krečnjaci sive boje foto.1. dok su na potezu Belenići – potok Brekovac foto.2. registrovani dolomiti tamnosive boje. Dok je u otvorenom profilu novog puta Čvaljina – Zavala registrirani sivi masivni dolomit.

Debljina ovih naslaga iznosi 350 m.



Foto 1. Sivi uslojeni krečnjaci kimeridž-portlandske starosti u neposrednoj blizini ulaza



Foto 2. Masivni dolomiti na potezu Belenići – potok Brekovac

### **<sup>1</sup>K<sub>1</sub> -Kreda, otriv-barem**

Na posmatranom području ovo su najrasprostranjenije tvorevine (<sup>1</sup>K<sub>1</sub> Krečnjaci i dolomiti s favreinama, tintininama i nerinama) pružaju se u dvije odvojene zone, prva centralna SZ-JI na potezu Rupni Do- Budin Do- vrh Dobromir a u druga zauzima prostor JZ na potezu Crno osoje – Kijev Do. (foto.3 i foto.4.)

Niže djelove ove serije prema autorima tumača za OGK list Ston i Trebinje izgrađuju krečnjaci sa proslojcima dolomita dok su gornji dijelovi ove serije izgrađuju pretežno krečnjaci. Krečnjaci su masivni i bakoviti a na osnovu petrografskih analiza

najčešće su predstavljeni sa alohemo-sparitskim i alohemo mikritskim krečnjacima . glavna karakteristika ovih krečnjaka visok sadržaj  $\text{CaCO}_3$  koji se kreće između 99,60 do 99,98% a procent ne rastvorenog ostatka od 2,0-1,4 predstavlja glinovite organske materije i kvarc.

Na osnovu brojne faune a prije svega na osnovu favreina i superpozicije ove su serije razvrstane u starije naslage donje krede odnosno odgovaraju otriv-baremskoj starosti. Njihova debljina je procijenjena na 500 m.



Foto 3. Masivni krečnjaci otriv-baremske starosti na usjeku puta za Beleniće



Foto 4. Bankoviti i uslojeni krečnjaci otriv-baremske starosti u masivu iznad pećinskog sustava Vjetrenica

### **$^2\text{K}_1$ -Kreda, dio barema-cijeli apt-dio alba**

Nalazimo ih u više odvojenih zona ( $^2\text{K}_1$  Krečnjaci s orbitolinama i salpingoporelama) koje prate tvorevine starije krede krečnjaka i dolomita sa



favreinama preko kojih kontinuirano leže, ove su tvorevine jako poremećene i izrasjedane, predstavljeni su krečnjacima i rjeđe dolomitima. Krečnjaci se češće javljaju u donjem dijelu serije dok su dolomiti kao proslojci češći u gornjem dijelu serije. Glavna karakteristika ove serije je dobra uslojenost koja se kreće u intervalu 20-60cm i veliki sadržaj  $\text{CaCO}_3$  do 99,99% a ne rastvoreni ostatak su glinene čestice i rijetko kvarc. Petrografski to su alohemo sparitski, alohemo mikritski i mikritski krečnjaci.

Prema mikrofosilnoj zajednici koja nije svugdje jednako rasprostranjeni i superpozicije ove naslage zahvaćaju dio barema, cijeli apt i jedan dio alba, debljina je procijenjena oko 450 m.

### **K<sub>1,2</sub> -Kreda, alb-cenoman**

Izdvojene su po pružanju kako prate serije starije krede pravcem SZ-JI, na potezu Ravno – Grmljani, zatim zapadno na potezu Češljari – Orahov Do i manje iskraljuštane mase na potezu Grabov Do – Rupni Do.

Pretežno se javljaju kao dolomiti i dolomitični krečnjaci, to su pretežno mikroznasti i sitnoznasti dolomiti u kojima ima dosta kalcitnih zrna. Krečnjaci koji se javljaju u ovoj seriji su tamnosmeđe i svijetlo smeđe boje, petrografski to su mikriti, fosilonosni mikriti, biomikriti, dolomitični mikriti i intramikriti. (foto.5.)

Iako su ove serije granica postupnog prelaza između starijih i mlađih naslaga autori OGK listova Ston i Trebinje su ih izdvojili kao alb-cenomanske tvorevine procjenjujući debljinu na 450 m.



Foto 5. Dolomiti i dolomitični krečnjaci kod Ravnog.

### **K<sub>2</sub><sup>1,2</sup> -Kreda, cenoman-turon**

Kontinuirana sedimentacija se nastavlja i u gornjoj kredi a na karti se nalaze u JI dijelu na potezu Galinčići – D. Grmljani – Šiljevac. Predstavljeni su sa dobro uslojenim krečnjacima koji se često izmjenjuju sa dolomitima i dolomitičnim krečnjacima. Debljina slojeva varira od 30-60 cm imaju visok sadržaj  $\text{CaCO}_3$  do

99,98% ne rastvoreni ostatak je predstavljen organsko-glinovitom materijom a rijetko se nalaze kvarc, rožnjac i silicijske materije.

Starost je određena na osnovu fosila i super pozicije i izdvojeni su kao cenoman-turon a debljina im je procijenjena na oko 400m.

### **K<sub>2</sub><sup>3</sup> -Kreda, senon**

Izdvojeni su kao dvije manje mase u SI djelu karte predstavljeni su bankovitim ili masivnim krečnjacima svjetložute do bijele boje, svjetložuti tankoslojeni krečnjaci su djelomično laporoviti. Od faune sadrže najčešće slabo očuvane ljuštare rudista izdvojene su kao senon.

### **Pc,E -Paleocen-eocen**

Paleocen eocenske tvorevine su izdvojene kao uska zona sjeverno od Veličana, diskordantno leži preko senonskih tvorevina gornje krede. Predstavljen je sa alveolinsko numulitskim krečnjacima, organogeno-detritičnim slojevitim do bankovitim krečnjacima ponekad sa pojavama rožnjačkih mugli, svijetlosmeđe do bijele boje.

### **Q -Kvartar ts, pr, al**

Tvorevine kvartara su predstavljene ts (terra rosa) crvenicom koja je registrovana istočno od Kijev Dola, pr- proluvijalne tvorevine kod Orahovog Dola i aluvijum Popovog polja.



Foto 6. Aluvijalna zaravan Popovog polja

## 4.2. Tektonika

Širi prostor pećinskog sustava Vjetrenica se nalazi u zoni Navlake visokog krša, prostor je ispresjecan brojnim rasjedima, dva glavna pravca pružanja rasjeda (J. Marić):

1. longitudinalni rasjedi SZ-JI
2. meridijalni rasjedi S-J

Prva grupa obuhvata najčešće regionalne rasjede (često reversne) koji imaju karakterističan dinarski pravac pružanja pored ovih u ovu grupu se svrstavaju i brojni rasjedi lokalnog karaktera. Na izrađenoj geološkoj karti su naneseni rasjedi preuzeti sa OGK i rasjedi određeni daljinskom detekcijom. Rasjedi lokalnog karaktera koji su prisutni pružanja SZ-JI i manje postojanosti u masivu iznad same Vjetrenice su najvjerojatnije najodgovorniji za formiranje pećinskog sustava Vjetrenice. Od regionalnih i reversnih prisutna je široka zona navlačenja i kraljuštanja po pravcu, Grabov Do-Češljari-Golubinac-Belenići. (foto.7.)



Foto 7. Čelo navlake Grabov Do-Češljari-Golubinac-Belenići

Druga grupa rasjeda pravca S-J su karakteristični sa aspekta da presijecaju i horizontalno dislociraju mase okonturene prvom grupom reversnih rasjeda, na izrađenoj karti to bi bili rasjedi; Čvaljina-Golubinac (Dubrave) koji je pružio osnovu za razvijanje doline kojom prolazi put za Slano (HR) (foto.8.), Zavala-Belenići, Kijev Do.



Foto 8. Pogled na Dubrave

Analizirajući geološku kartu sa aspekta tektonike moguće je jasno izdvojiti blok Vjetrenice (Prilog br.7) koji je izdvojen sa reversnim rasjedom (zonom kraljuštanja) koja prolazi južno od poteza Golubinac-Belenići, i dva rasjeda pružanja Čvaljina-Golubinac i rasjedom istog pružanja koji prolazi Kijevim Dolom. Sam blok je presječen rasjedom Budin Do-Belenići koji prema postavljenom pružanju pećinskog sistema u kombinaciji sa brojnim manjim rasjedima za sada utvrđenih samo daljinskom detekcijom je „dao“ tektonske preduslove za formiranje Vjetrenice.

Rasjed Kijev Do prolazi koritom potoka Brekovac iako je na OGK list Trebinje naveden kao „fotogeološki“ zapažen. Ovaj rasjed prema viđenom na terenu dovodi u bočni kontakt dolomite jure  $J_3^{2,3}$ -kimeridž-portlan sa krečnjacima krede  $^1K_1$  - otrivbarem.

## 5. Hidrogeološke karakteristike posmatranog područja

Hidrogeološke karakteristike šireg prostora pećinskog sistema Vjetrenice su u direktnoj vezi sa geološkim sastavom, tektonikom i morfologijom terena. Širi prostor u litološkom pogledu karakterišu debele tvorevine krečnjaka, dolomita, dolomitičnih krečnjaka, kao i čestih izmjenjivanja ova dva člana kako u profilu tako i bočno. Kao posljedica razlomljenosti krečnjaci ovog prostora su vodopropusni, dok je uloga dolomita nešto složenija u zavisnosti od položaja u profilu i debljine, kao posljedica razlomljenosti tanji proslojci i slojevi najčešće su vodopropusni. Međutim ako su masivniji i uklješteni npr. u šarnirima antiklinala zbog svojih petrografskih osobina predstavljaju podzemne barijere koje kontrolišu kretanje podzemnih voda.

Na geološkoj karti ako posmatramo prostor izdvojenog bloka Vjetrenica a na osnovu opisa autora tumača za OGK list Ston koji podvlače razliku između dolomita registrovanih južno i istočno od Vjetrenice i dolomita zapadno od nje. Južno i istočno su registrovani masivni sivi dolomiti ( $J_3^{2,3}$ ) kimeridž-portlandske starosti koji zbog svoje masivnosti predstavljaju podzemne barijere.

Ovakav pogled zastupa mišljenje da je tektonski blok Vjetrenica u hidrogeološkom smislu predstavlja zasebnu cjelinu u čijem se profilu u podini nalaze vodonepropusni dolomiti. Bočno su ovi dolomiti u rasjednom kontaktu na krečnjacima krede izdvajajući u zasebnu i zatvorenu hidrogeološku cjelinu blok Vjetrenice.

## **6. Metodologija obrade satelitskih snimaka**

Metodama daljinske detekcije smatra se snimanje i interpretacija elemenata terena sa distance (uključujući geologiju, geomorfologiju, pedologiju, botaniku, hidrografiju, te antropološke uticaje na životnu sredinu) bez fizičkog dodira sa sredinom. Pod daljinsku detekciju se obično svrstavaju geofizička, geodetska, zračna i satelitska snimanja terena putem optičkih, multispektralnih, hiperspektralnih i senzora elektromagnetnih polja.

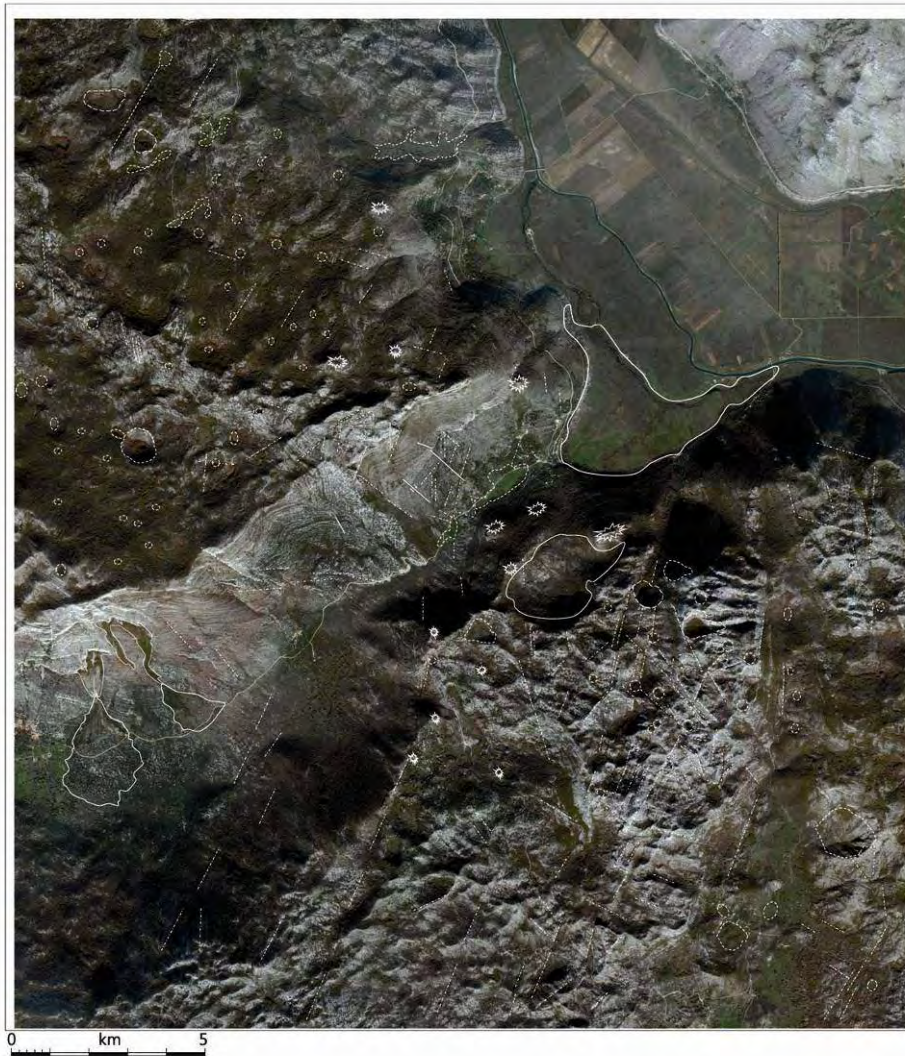
### **6.1. Geomorfologija - Quickbird**

Quickbird snimak u rezoluciji od 1m (Prilog br.3.), prilagođen je za interpretaciju u užoj zoni Vjetrenice elementima vizualnog prepoznavanja karstnih oblika, sedam različitih kategorija su označene na snimku: topografski lineamenti, vrtače/uvale, zubci - hridi, terase, koluvijalne lepeze, kolapsne strukture, pretpostavljeni rasjedi.

Sa stanovišta strukturalne studije, od posebnog interesa bilo je osmotriti pojave linearnih struktura u užoj regiji Vjetrenice, kako bi se utvrdila raščlanjenost terena i stvaranje mogućih tektonski predisponiranih pravaca za djelovanje vode, ali istovremeno na boljoj rezoluciji prikazati ukrštanje i ponašanje uočenih rasjeda.

Podaci visoke rezolucije ukazuju da u području „bloka“ Vjetrenice dolazi do brojnih rasjedanja i do brojnog formiranja kružnih depresija; vrtača i ponora.

U kombinaciji sa DMR, podaci također pokazuju da je zapadna strana doline Dubrava uzdignuta naspram istočne strane. Pojava uzdignute koluvijalne terase u blizini mjesta Zavala, gdje se Dubrava povezuje sa Popovim poljem, također ukazuju da je uzdizanje relativno skorijeg datuma, te da erozija duž riječnog toka Trebišnjice, još nije značajno erodirala koluvijalne nanose na ulazu u Dubravu.



Prilog 3. Quickbird snimak u rezoluciji od 1m

Prilog.3. – Geomorfološka kategorizacija područja Dubrava-Zavala-Vjetrenica. Istočna strana kompleksa je raščlanjena sa brojnim pojavama ukrštanja rasjeda. Istočna strana Dubrave ima daleko manji broj rasjeda i ima karakteristike izdignutog, ravnog platoa sa daleko više ponornih struktura. U raščlanjenom terenu Vjetrenice, povećava se mogućnost stvaranja podzemnih prostorija, odnosno špiljskih sustava.

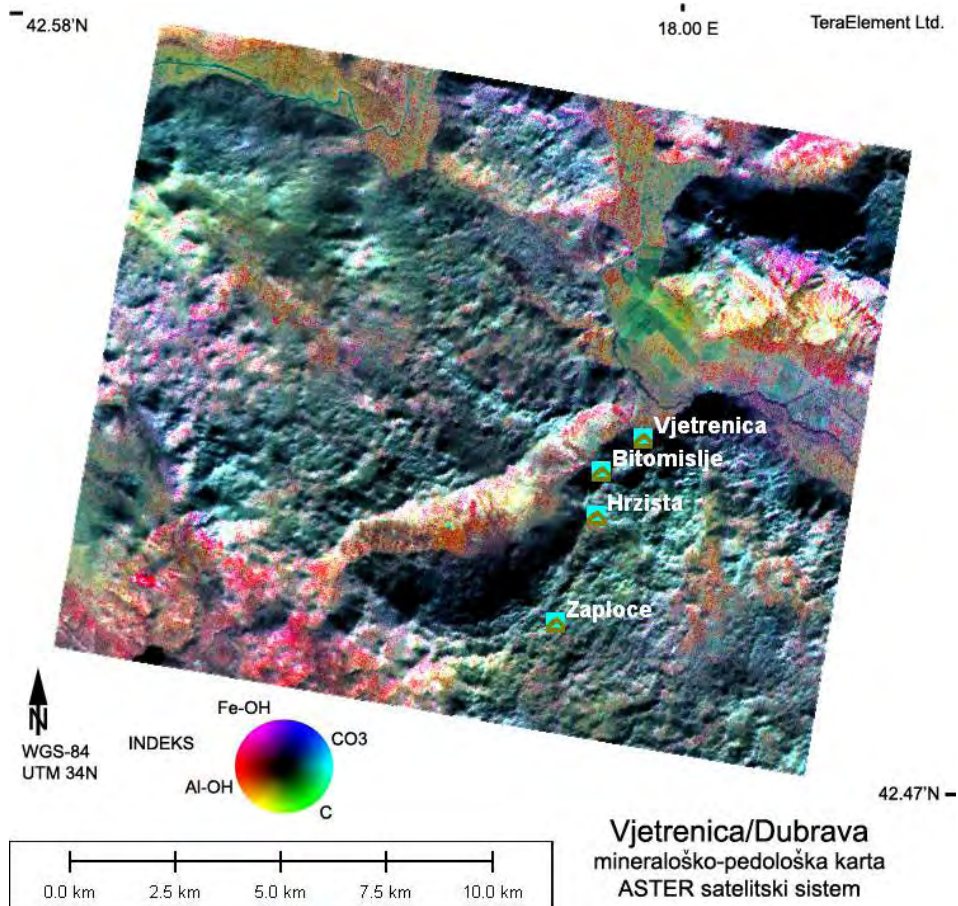
## 6.2. Mineraloška karta – ASTER

Sa geološkog aspekta, područje Vjetrenice je svrstano u karbonatnu platformu Dinarida, (Navlaka visokog krša) odnosno fliša, sa pojavama gline i bituminoznih škrljaca (Hrvatovic, 1999). Sa mineraloškog aspekta situacija je komplicirana zbog različitih tipova krečnjaka, dolomita, ali i pojava gline, željeznih oksida, razvijanja tla itd. Sa geomorfološke strane, mineraloško-pedološka kategorizacija terena je interesantna jer umnogome doprinosi razvijanju cjelokupne geomorfologije terena, raščlanjivanju, eroziji ali i vodotocima, odnosno kemijskom djelovanju vode na površinu.

Kategorizacija tla sa instrumentom ASTER ukazuje uglavnom na karbonatnu osnovicu, sa tim da su dolomiti rasprostranjeniji ka zapadu i jugu, dok krečnjaci

zauzimaju centralno područje studije. U bližoj okolini Vjetrenica, spektroskopski podaci uglavnom ukazuju na relativno čist krečnjak sa manjim primjesama minerala gline u dolinama (uglavnom montmorionit). Na izloženim padinama dolazi do formiranja supergenih Fe-Mn minerala (uglavnom getit, piroluzit, psilomelan), mada u donjem dijelu doline Dubrava postoje značajnije koncentracije hematita, pomiješanog sa glinama. Obradeni ASTER snimak (Prilog br. 4.) pokazuje da na karbonatnoj platformi postoji daleko više mineraloških varijeteta.

Sa obzirom na geomorfologiju, može se uočiti da je bliža okolina Vjetrenice, sa mineraloške strane jednoobrazna i sastavljen od čistijih krečnjaka, što umnogome doprinosi lakšem kemijskom djelovanju vode. Uočljiva je i vrlo mala koncentracija minerala gline (pojava tla) u istočnoj dijelu.

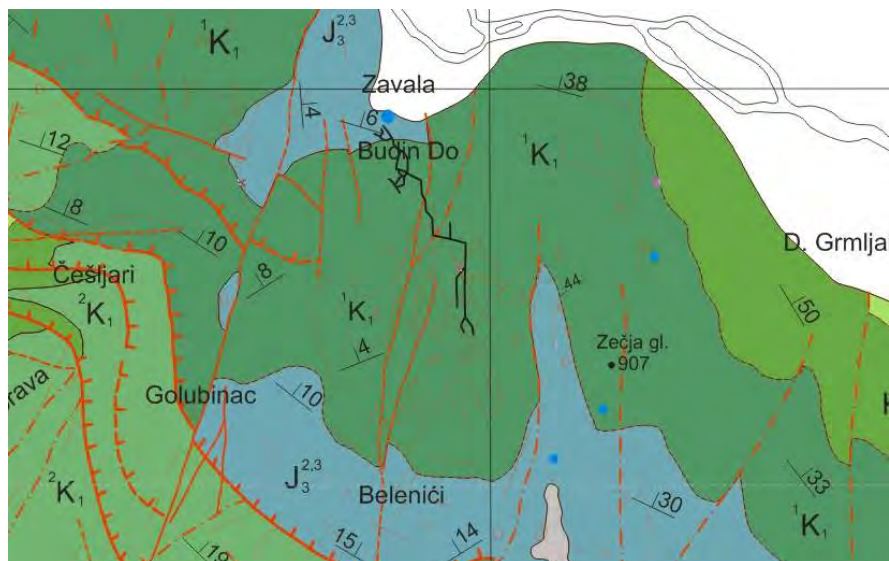


Prilog 4. Mineraloško pedološka karta - ASTER satelitski snimak.

## 7. Korelacija podataka

Nakon prikupljanja osnovnih podataka o geologiji, tektonici, hidrogeološkim karakteristikama i morfologiji šireg prostora pećinskog sustava Vjetrenica, izvršena je obrada satelitskih snimaka i dvodnevni terenski obilazak terena. Napravljena je geološka karta (Prilog br.6) na osnovama OGK list Ston i Trebinje na koju su koordinatno prebačeni podaci sa Quickbird snimka u rezoluciji od 1m, podaci sa Mineraloska karta – ASTER su korišteni informativno i korelacijski. Na ovu novu kartu nanoseno je generalno pružanje pećinskog sustava sa konturama glavnih prostorija a u svrhu korelacija glavnih kanala sa mogućim rasjedima koji su registrirani na OGK list Ston i koji su aproksimativno locirani prilikom obrade satelitskog snimka. Pored tektonike koja stvara preduslov za za hemijsko i fizičko djelovanje vode vrlo je bitna

litologija tvorevina u zaleđu Vjetrenice. U razmatranje je uzeta i debljina nad sloja koji sa generalnim padom pećinskih kanala prema Popovom polju govori o davnoj hidrološkoj funkciji Vjetrenice kao jakog periodičnog vrela prema Popovom polju.



Prilog 5. Isječak geološke karte

Na osnovu prikupljenih osnovnih preliminarnih terenskih i korelacije postojećih podataka mogu se donijeti određeni preliminarni zaključci koji bi tek daljim organiziranim istraživanjima dobili potrebnu težinu.

Preliminarne zaključke možemo prezentirati sljedećim redom; Nastanak pećinskog sustava Vjetrenice je kontrolisan povezivanjem brojnih rasjeda u bloku Vjetrenica koji sa aspekta hidrogeologije predstavlja zasebnu cjelinu iz koje se vode dreniraju prema Popovom polju preko izvorišta Lukavac. U prošlosti sama Vjetrenica je predstavljala jako periodično vrelo prema Popovom polju produblivanjem erozionog bazisa ovu funkciju je preuzeo izvor Lukavac. Povezivanjem i ukrštanjem rasjeda S-J sa rasjedima SZ-JI uz konstantan fizički rad obimnih količina vode došlo je do formiranja pećinskog sistema Vjetrenice i oblikovanja kanala. Blag pad glavnog kanala Vjetrenice i debljina nad sloja sugerira mogućnost nastanka pećinskog sustava na kontaktu  $J_3^{2,3}$  Jura, kimeridž-portland i  $^1K_1$  Kreda, otriv-barem. Okršenost i velika čistoća krečnjačkih tvorevina iznad Vjetrenice govore u prilog mogućeg pronalaska nastavka kanala.

## 9. Prijedlog za dalje istraživanje

Istraživanja koja su sprovedena temeljila su se na dosadašnjim istraživanjima više regionalnog karaktera npr. za potrebe izrade OGK uz dodatne spoznaje koje su prikupljene analizom satelitskih snimaka i ograničenim terenskim obilaskom.

Zaključke nastale u ovoj korelaciji možemo promatrati kao preliminarne spoznaje koje je potrebno potvrditi i dodatno analizirati. Dalja istraživanja treba postaviti tako da se izvrši obimno prikupljanje dosadašnjih istraživanja njihova digitalizacija, izrada baze podataka i kataloga radova. Priprema i prikupljanje geodetskih podloga za područje Vjetrenice u razmjerama koje su na raspolaganju, njihova digitalizacija i geo-pozicioniranje. Na ove podloge je potrebno nanijeti trenutno stanje na terenu, postojeće objekte, aktivna poljoprivredna dobra, vodne objekte raznih namjena i potencijalne zagađivače podzemlja, odnosno izvršiti snimanje postojećeg stanja uz obimnu foto-dokumentaciju. Za dalje aktivnosti je



potrebno pripremiti i karte pogodne razmjere sa elementima geologije sa postojeće dostupne dokumentacije koja bi u daljim istraživanjima služila kao radna karta. Radove je potrebno usmjeriti prije svega na detaljno geološko i hidrogeološko snimanje terena iznad Vjetrenice nakon toga detaljno geološko i hidrogeološko snimanje same Vjetrenice. Koji bi nakon prikupljanja i digitalizacije postojećih podataka bilo predmet „Projekta detaljnih geoloških i hidrogeoloških istraživanja Vjetrenice“ u svrhu zaštite ovog bisera prirode.

## LITERATURA

- Filipović. M., i Mićević. Lj. (1959): Popovo u Hercegovini., Naučno društvo NR BiH, Sarajevo
- Ivanković. A., Šarin. A., i Komatina. M., (1983): Tumač za hidrogeološku kartu SFR Jugoslavije, M 1: 500 000, Savezni geološki zavod, Beograd.
- Marić, J., Fotointerpretacija satelitskog snimka (LANDSAT-1) područja Hercegovine., Geološki glasnik 24-25, Sarajevo.
- Mladenović. J., Uticaj geolitološkog sastava na hemizam podzemnih voda u rejonu Popova polja (Trebišnjica). Geološki glasnik 11, Sarajevo.
- Natević, Lj. (1970.): Osnovna geološka karta 1:100.000. Tumač za list Trebinje SGZ, Beograd.
- Natević, Lj. i Petrović, V., (1963.): Osnovna geološka karta SFRJ, list Trebinje 1:100.000. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Olujčić, M., Neke karakteristike tektonike u graničnom području Crne Gore, Dalmacije i Hercegovine na osnovu LANDSAT-snimaka., Geološki glasnik 24-25, Sarajevo.
- Raić, V., Papeš, J. (1982.): Osnovna geološka karta SFRJ, Tumač za list Ston. Savezni geološki zavod, Beograd.
- Raić, V., Papeš, J. et all (1980.): Osnovna geološka karta SFRJ, list Ston, 1:100.000. Savezni geološki zavod. Beograd.