

# Tektonska evolucija istočne periferije timočke eruptivne oblasti

Stefan Zujic



Дигитални репозиторијум Рударско-геолошког факултета Универзитета у Београду

**[ДР РГФ]**

Tektonska evolucija istočne periferije timočke eruptivne oblasti | Stefan Zujic | | 2024 | |

<http://dr.rgf.bg.ac.rs/s/repo/item/0009013>

**UNIVERZITET U BEOGRADU**  
**RUDARSKO-GEOLOŠKI FAKULTET**



ZAVRŠNI RAD

Master akademske studije

**TEKTONSKA EVOLUCIJA ISTOČNE  
PERIFERIJE TIMOČKE ERUPTIVNE  
OBLASTI**

Kandidat  
Zujić Stefan, G122/20

Mentor  
dr Marinko Toljić, red. prof.

Beograd, septembar, 2024

Članovi komisije:

1. dr Marinko Toljić, redovni profesor, mentor

---

Rudarsko-geološki fakultet

2. dr Uroš Stojadinović, vanredni profesor, član

---

Rudarsko-geološki fakultet

3. dr Ljupko Rundić, redovni profesor, član

---

Rudarsko-geološki fakultet

Datum odbrane rada: 26.09.2024

## **REZIME**

U radu su predstavljeni rezultati proučavanja tektonskih i litostratigrafskih karakteristika istočnog oboda Timočke eruptivne zone. Zaključci o geološkim odnosima u okviru Timočke eruptivne oblasti i susednih geotektonskih jedinica izvedeni su na osnovu podataka prikuljenih tokom terenskih istraživanja i podataka dobijenih iz publikovanih radova. Rezultati rada ukazuju da je teren koji je bio tema ovog istraživanja, u strukturno-tektonskom smislu oblikovan tokom glavnih geodinamičkih događaja u okviru Karpato-balkanskog orogenog luka. Analizom strukturnog sklopa su utvrđeni glavni deformacioni događaji koji su predstavljeni u radu. Litostratigrafske osobine proučavanih jedinica su u većoj meri analizirane kroz podatke iz literature koji su poslužili kao vodič za raspoznavanje osnovnih osobina i tipova stena na proučavanom terenu.

Na osnovu savremenih shvatanja tektonskih odnosa koji se mogu naći u najnovijim publikacijama, i na osnovu podataka prikupljenih tokom terenskih istraživanja, prezentirani su strukturni odnosi, njihova evolucija i geotektonski položaj istraživanog područja.



## SADRŽAJ

1. UVOD.....	1
2. GEOGRAFSKI POLOŽAJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA .....	2
3. PREGLED RANIJIH ISTRAŽIVANJA .....	5
4. LITOSTRATIGRAFSKE KARAKTERISTIKE FORMACIJA PROUČAVANE OBLASTI .....	7
4.2 KAMBRIJUM .....	8
4.3 TVOREVINE STARIJEG PALEOZOIKA.....	9
4.4 TVOREVINE MLAĐEG PALEOZOIKA .....	10
4.5 TVOREVINE JURSKÉ STAROSTI.....	11
4.5.1 DONJA JURA .....	12
4.5.2 SREDNJA JURA.....	14
4.5.3 GORNJA JURA.....	15
4.6 TVOREVINE KREDNE STAROSTI.....	17
4.6.1 DONJA KREDA.....	17
4.6.2 GORNJA KREDA.....	22
4.6 TVOREVINE NEOGENE STAROSTI.....	30
5. REGIONALNE TEKTONSKE KARAKTERISTIKE .....	33
6. INTERNE TEKTONSKE KARAKTERISTIKE ISTRAŽIVANOG TERENA.....	41
7. ZAKLJUČAK .....	46
8. LITERATURA .....	48



## 1. UVOD

Cilj geoloških istraživanja izvedenih za potrebe ovog rada je razumevanje pre svega tektonskih odnosa i litostratigrafskih karakteristika istočnog oboda Timočkog eruptivnog kompleksa.

Podaci koju su korišćeni za pisanje rada, dobijeni su iz više izvora. Osnovu za istraživanje čine radovi vezani za litostratigrafske karakteristike istraživanog područja kao što su Osnovna geološka karta i tumač za list OGK Bor (Antonijević i saradnici, 1966), a dodatni izvori informacija su publikovani radovi u kojima se diskutuje geološka građa Timočke eruptivne oblasti, kao i radovi vezani za regionalne tektonske karakteristike KarpatoBalkanida.

Tokom terenskih istraživanja posebna pažnja data je detaljnom geološkom kartiranju profila, iz kojih je prikupljen i najveći broj strukturnih podataka, kao i litostratigrafskih odnosa između jedinica. Tokom kabinetskog rada urađena je interpretacija prikupljenih podataka. Najšire površinsko rasprostranjenje imaju stene jurske i kredne starosti tako da je iz njih i prikupljen najveći broj podataka koji su upotrebljeni za tektonsku interpretaciju. Prepoznavanje različitih tipova stena pri terenskom radu vršeno je na osnovu njihovih litoloških osobina koje su detaljnije opisane u korišćenoj literaturi. U pripremnoj fazi rada vršena je identifikacija položaja profila na javno dostupnim satelitskim i aero snimcima koji su prepoznati kao potencialno korisni. Na ovim profilima su kasnije izvedena terenska osmatranja. Pošto je teren u velikoj meri pokriven vegetacijom i kvartarnim pokrivačem, pojedni geološki odnosi nisu mogli biti detaljnije utvrđeni. Od koristi su bili profili duž asfaltnih puteva i lokalnih katastarskih puteva. Strmi odseci razvijeni uz padine morfološki izdignutih brda i planina su takođe osmatrani (sa bezbedne udaljenosti) radi određivanja pružanja glavnih struktura. Uprkos ovakvoj situaciji na terenu, prikupljen je značajan broj korisnih podataka koji su se pokazali kao vredni za bolje razumevanje geotektonskih odnosa proučavane oblasti.



## 2. GEOGRAFSKI POLOŽAJ ISTRAŽIVANOG PODRUČJA

Istražni prostor za potrebe završnog rada *Tektonska evolucija istočne periferije Timočke eruptivne oblasti* obuhvata istočni deo Srbije. Prema administrativnoj regionalnoj podeli, istražni prostor pripada Borskom upravnom okrugu (Slika 1.), čija ukupna površina iznosi 3507 Km<sup>2</sup>.

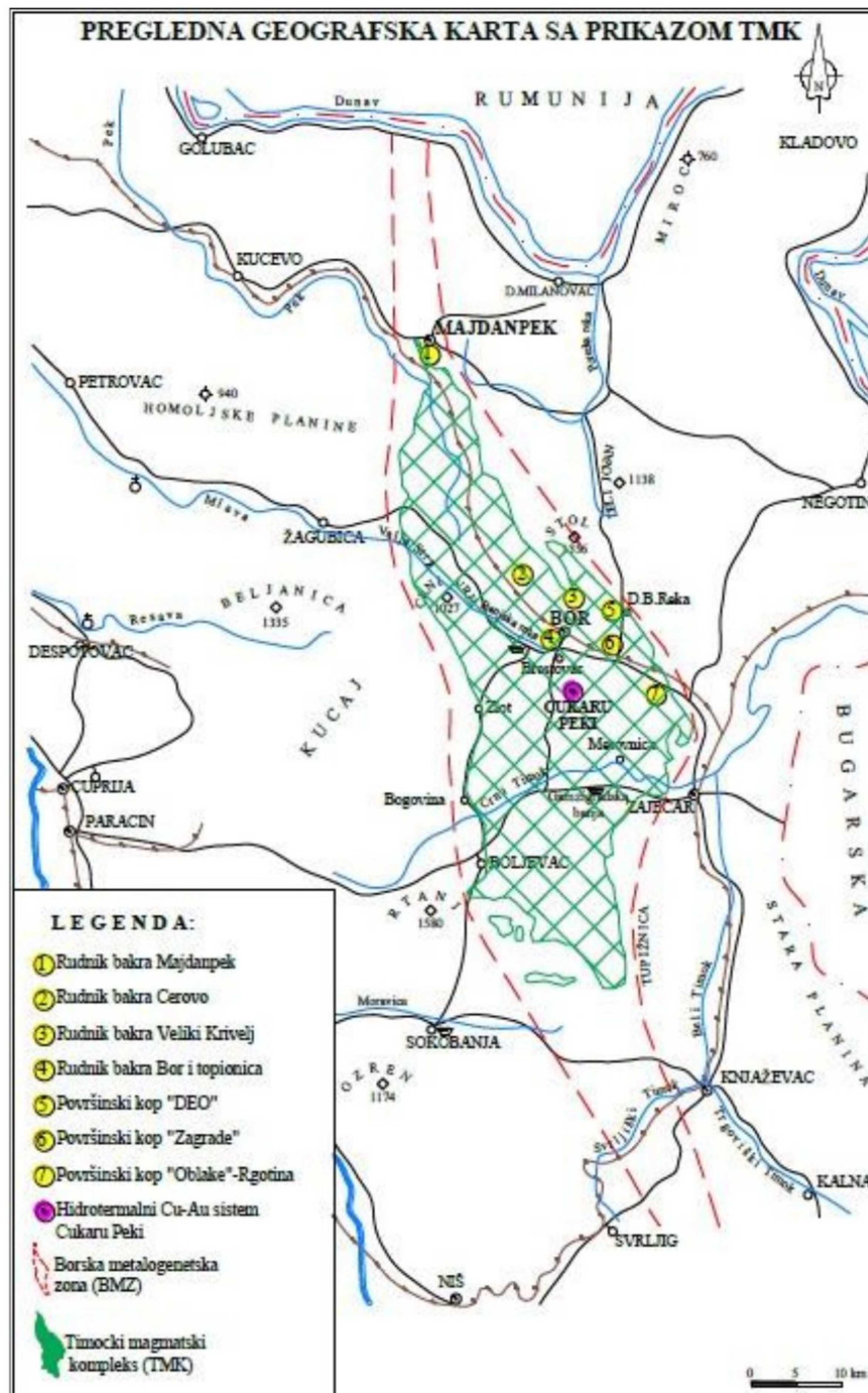


*Slika 1. Položaj Borskog okruga na teritoriji Srbije (RARIS-Agencija za razvoj istočne Srbije)*

Područje Bora kao i njegova okolina su brdsko-planinskog tipa. Teren je razuđen, sa jedne strane se ističu planinski grebeni, a sa duge doline brojnih



vodotokova i klisure. Srednja nadmorska visina područja je oko 500 m. Najveći deo šire okoline istraživanog područja, na severu izgrađuju krečnjački planinski venci masiva Velikog Krša (1148 m), Malog Krša (644 m), Stola (1156 m) i Golog Krša (887 m). Ka jugu se pružaju sve do Rgotskog kamena (Slika 2).



Slika 2. Pregledna geografska karta sa prikazom TMK (Instituta za metalurgiju i rudarstvo Bor)

Teren u neposrednoj blizini istraživanog područja je razuđen, ispresecan dolinama i kanjonima rečica i potoka, sa čestim jarugama. Dominantni vrhovi su: na



severu Čoka Vinjilor (420 m) ; na severozapadu Čoka Nica (410 m) ; na severoistoku Rukjavica (372 m) ; na jugoistoku i jugozapadu su Kulme (430 m ) i Dumbrava (369 m ) ; na jugu Dubrava (310 m ), Rđava Kosa (311 m ).

Glavni vodotokovi na širem području istraživanog područja teku približno pravcem SSZ-JJI. Pripadaju slivovima Crnog Timoka i Bele reke.

Klima na području Bora je umereno kontinentalna, sa kratkim, toplim letima i oštrim zimama. Padavine su jedne od najvažnijih klimatskih elemenata, koji imaju najveći uticaj na odvodnjenost terena.

### 3. PREGLED RANIJIH ISTRAŽIVANJA

Prethodna geološka istraživanja na ovom području uglavnom se vezuju za rudarsku industriju, odnosno pronalaženje ležišta bakra i zlata. Dokazi o eksploataciji bakra i zlata na području današnje Istočne Srbije se nalaze u ostacima rudarskih radova iz staroantičnog i rimskog doba. Procvat rudarstva se vezuje za I-IV vek nove ere, nakon čega slede aktivni periodi rudarenja.

Prvi pisani podaci o geološkoj građi ovog područja nalaze se u radovima sledećih autora: Breithaupt A. (1860., 1861), Pančić J. (1867), Tietze E. (1870), Popović A. (1875), Žujović J. (1888-1889, 1893, 1900), Antula D. (1905, 1909, 1912), Stevanović S. (1905, 1908), Lazarević M (1909-1919), Cvijić J. (1893, 1904) i dr.

Nakon Drugog svetskog rata, usledio je period intenzivnih geoloških istraživanja vezanih za Borski rudarski basen.

Petko et al. (2002) su proučavali gornjokredne magmatske tvorevine u okviru Timočkog eruptivnog pojasa.

Koželj (2002) je ispirivao fluidne inkluzije na uzorcima kvarca, anhidrita i barita iz ležišta bakra i zlata ležišta Bor.

Bailly et al. (2002) su sproveli infracrvenu mikrometriju na sulfidnim mineralima iz visokosulfidacionog dela epitermalne zone Borskih ležišta.

Albrecht et al. (2005) su proučavali geohronologiju i geodinamiku krednog magmatizma i mineralizacije zlata bakra u okviru pojasa Apuzeni-Banat-Timok-Sredogorje.

Milovanović et al. (2005) su proučavali alkalne bazalte okoline Zlota i Bora.

Jelenković et al. (2006) su istraživali metalne mineralne resurse Borske metalogenetske zone.

Aaron et al. (2008) su proučavali tektonske konfiguracije Apuzeni-Banat-Timok-Sredogorje pojasa.

Banješević et al. (2010) su proučavali stratigrafiju i starost Timočkog kompleksa.

Banješević et al. (2010) se bavio ispitivanjem gornjokrednog magmatizam u okviru Timočke eruptivne oblasti



Vasković et al. (2010) su se bavili donjokrednim glaukonitskim formacijama u okviru istočnog dela Karpato Balkanida.

Mladenović et al. (2014) su uradili strukturno tektonsku analizu na osnovu aero snimaka timočke oblast

Gallhofer et al. (2015) su proučavali tektonsku, magmatsku i metalogenetsku evoluciju donjokrednog luka u okviru Karpata.

Toljić (2016) je intepretirao tektonski sklop i potpovršinsku geološku građu područja Čukaru Peki.

Vasić (2016) je proučavao sedimentne jedinice na širem prostoru Timočke eruptivne oblasti.

Pačevski et al. (2016) su proučavali andezite u okolini Brestovačke banje.

Krstekanić et al. (2017) je radio strutkrurne analzi metamorfne osnove Supergetikuma u istočnoj Srbiji.

Živanović (2019) je proučavala strukturne i stratigrafske karakteristike i mineralizaciju u “Bigar Hill” ležištu.

Krstekanić (2020) se bavio proučavanjem deformacija u okviru orogenog sistema Karpato-balkanida.

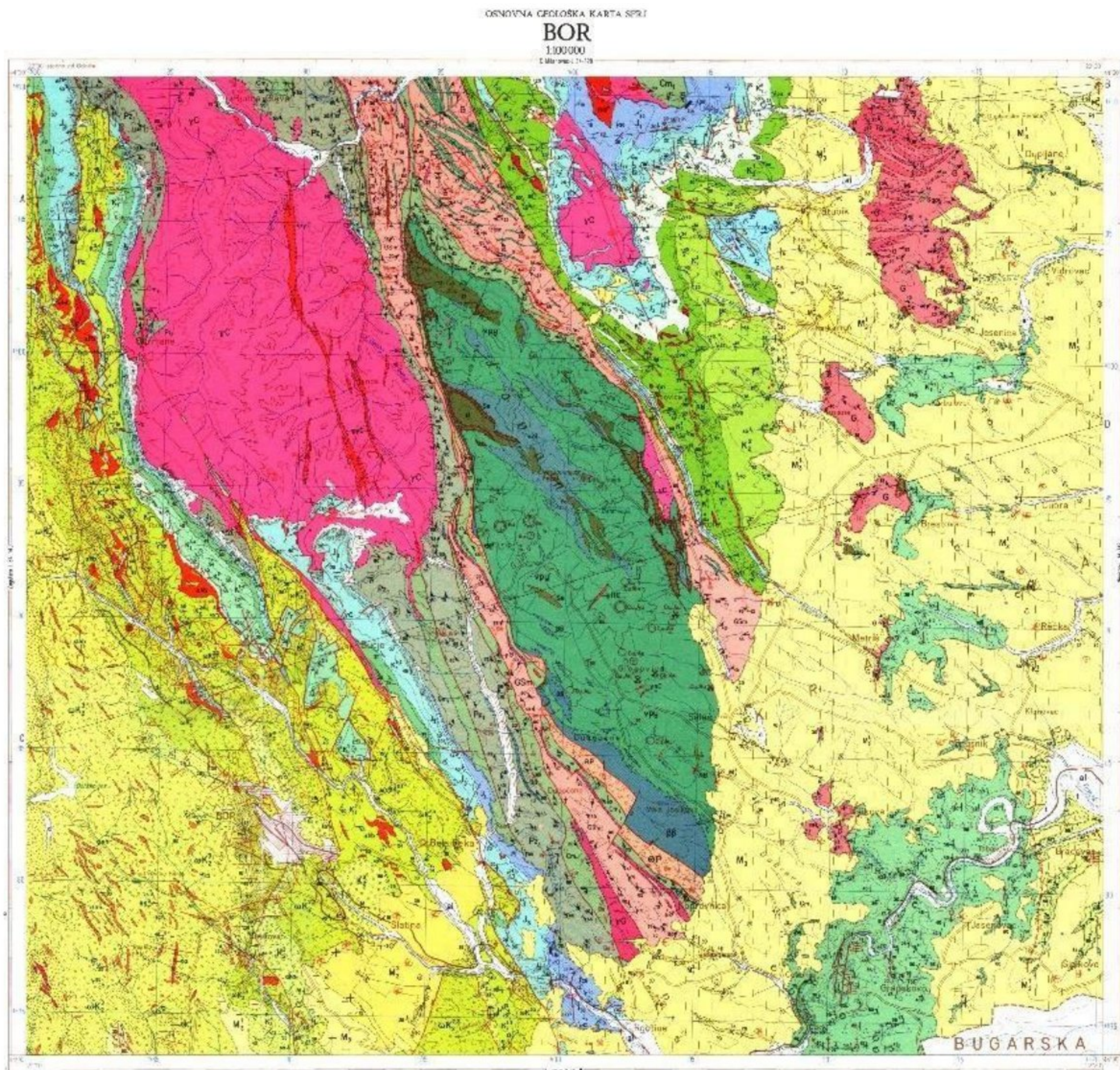
Krstekanić et la. (2021) se bavio analognim modelovanjem rasednog sistema Černa-Timok.

Krstekanić et al. (2024) se bavio analizom stresa u okviru inetrnacionalnog transkurentnog rasednog sisteam.



## 4. LITOSTRATIGRAFSKE KARAKTERISTIKE FORMACIJA PROUČAVANE OBLASTI

Širina okolina istočne periferije Timočkog magmatskog kompleksa izgrađena je od stena različite starosti. Najstariju jedinicu predstavljaju stene starijeg paleozoika (Slika 3). Ove stene predstavljaju pre-Alpsku strukturno deformisanu i metamorfisanu podlogu. Alpском ciklusu sedimentacije i naknadnih tektonskih događaja pripadaju jursko-kredna sedimentna sukcesija i kredno-paleogeni



Slika 3. Geološka karta, list Bor (Antonijević i saradnici, 1966).

magmatski događaji. Jurske i kredne sedimentne stene na istočnom obodu istraživanog prostora pripadaju getskoj tektonskoj jedinici dok vulkanoklastične stene i serije



magmatskih efuzivnih i inruzivnih stena pripadaju Timočkoj eruptivnoj zoni. Najmlađe tvorevine šire okoline istraživanog područja stratigrafski pripadaju Miocenu, a litološki su predstavljene pešćarima, peskovima i glinama. Na određenim delovima u okviru većih vodenih tokova prisutni su i aluvijalni deponati.

#### 4.2 KAMBRIJUM

Kambrijum je u okviru ovih kristalastih škriljaca otkriven u porečko-belorečkoj antiklinali, koja na severu ima nastavak u kristalinu Almaša a prema jugu, na Staroj planini, u kristalinu oko sela Gabrovnice. Paleontološki je dokumentovan donji kambrijum, nalaskom arheocijata *Ajacicyathus* ex. gr. *anabarensis* u mermerima belorečkog kristalina, na brdu Togoje u ataru sela Dubočane. Donja granica mu je obeležena postepenim prelazom, a gornja transgresivnim konglomeratima i pešćarima starijeg paleozoika. Deo stuba od mermera sa arheocijatima do konglomerata, izdvojen kao donji kambrijum, debljine je oko 400 m (Antonijević i dr, 1966).



Slika 4. Kambrijumski škriljci u okolini Bele reke



Između Luka i Tople, u zelenim škriljcima (Slika 4) su zapažene pojave amfibolitskih stena koje su produkt termičkog kontaktnog uticaja gornjanske granitske intruzije. Amfiboliti se nalaze direktno na kontaktu sa granitom, ali ih ima i van kontaktnog pojasa, mada su redovno vezani za zone učestalog pojavljivanja aplitskih žica u zelenim škriljcima.

#### **4.3 TVOREVINE STARIJEG PALEOZOIKA**

Između Luke na severu i Donje Bele Reke na jugu prostire se toplanska antiklinala u čijem su jezgru otkriveni donjokambrijumski škriljci. Dolinom Ravne reke, staropaleozojski sediment se nalaze u sinklinali, a ispod Golog krša i Stola predstavljaju zapadno krilo toplanske antiklinale. Nedaleko od Rgotine, zatim između Topole i Bele reke i na Mileševskoj kuli, staropaleozojska sukcesija počinje konglomeratima. Debljina ovog paketa je procenjena na oko 600 metara. Konglomerati su sastavljeni od valutaka granitoidnih stena, sericitskih škriljaca, sericitskih i hloritskih škriljaca, a zapaženi su i fragmenti metabazita. Konglomerati se smenjuju sa peščarima, alevrolitima i metamorfisanim glincima, koji su uglavnom vezani za niže horizonte. Mestimice je zapažena gradaciona slojevitost, sa ostrim donjim granicama grubozrnih sedimenata, dok je gornja postupna. Nekada se vide kompletne, gotovo idealne sekvence, od konglomerata u osnovi do glinaca na vrhu (Antonijević i dr, 1966).

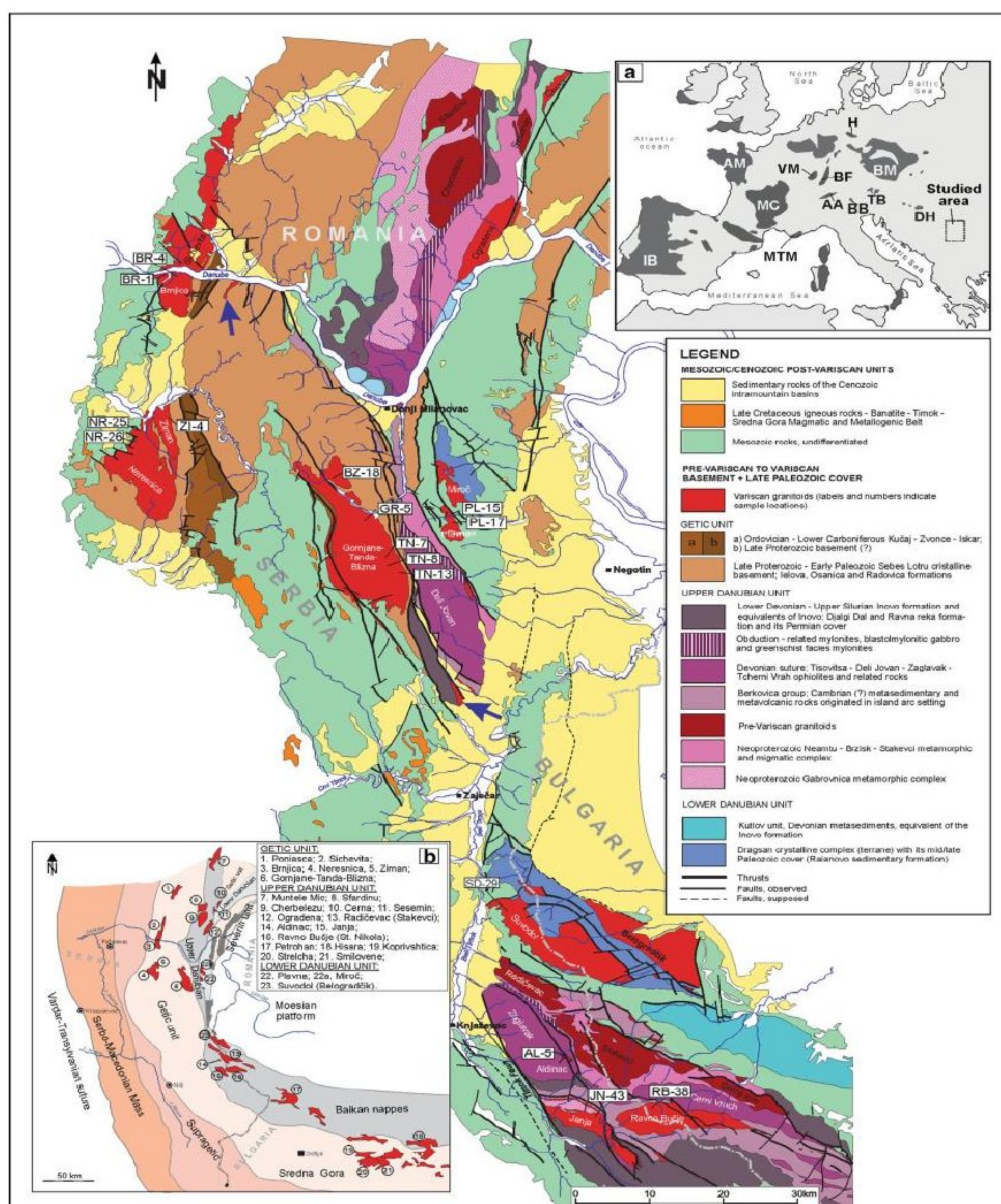
U višim nivoima peščari preovlađuju nad konglomeratima. Češće su krupnozrni u profilu Rgotine nego u profilu Miloševe kule. Iz peščara se obično gradaciono razvijaju alevroliti, u kojima se pojavljuju tamni tankoslojeviti do sočivasti prekrystalisali krečnjaci. Krečnjaci održavaju jedan nivo u stubu i imaju veliko horizontalno rasprostranjenje. Kod Crnajke, kao i u Rudnoj glavi, na kontaktu sa gornjanskim granitoidima je u krečnjacima došlo do obrazovanja skarnovskih pojava i ležišta gvožđa (Antonijević i dr, 1966).



#### 4.4 TVOREVINE MLAĐEG PALEOZOIKA

Variscijski granitoidi istočne Srbije u okviru Karpato-balkanskog luka (Slika 5) sačinjavaju zonu izduženu u pravcu SSZ-JJI, dužine oko 200 km koja počinje od Dunava na severu i prostire se do južnih padina Stare planine (Slika 5.).

Zona obuhvata osam relativno velikih granitoidnih plutonskih tela (Brnjica, Neresnica, Gornjane, Plavna, Ravno Bučje, Suvodol, Radičevo i Janja) i više od deset malih intruzivnih tela (Vasković et al, 2018).



Slika 5. Uprošćena geološka karta prema Kraunter & Krstić (2003).

a- Distribucija Variscijskih magmatskih kompleksa u Evropi; b- Geotektonska skica Karpato/balkanida sa lokacijom pre-Alpskih granitoida (Jovanović et al., 2018)

Masiv Gornjane-Tanda-Blizna (Slika 5) je najveći Variscijski pluton koji se nalazi u okviru istraživanog područja (Slika 5). Lociran je duž najistočnijeg dela



getske jedinice, gde je proizveo snažne metamorfne promene, u nekim slučajevima povezane sa rudnim pojavama vezanih za skarnovska ležišta. Glavna granitoidna masa je kvarc-moncinit, dok se granodiorit-diorit manifestuje duž ivica plutona, a sijenit, aplit-granit, aplit, pegmatit i lamprofir od različitih dajkova.

Sijenitska tela su koncentrisana duž 500 metara široke i više od 10 km duge zone koja je izdužena u skladu sa glavnim tektonskim strukturama oko plutona. Lamprofiri su petrografski slični mafičnim mikrogranularnim enklavama koje se često nalaze u glavnoj granitoidnoj masi. Gornjanje-Tanda-Blizna kvarc monconiti i granodiorit-dioriti su srednje do sitnozrne stene koje se uglavnom sastoje od kvarca, plagioklasa, K-feldspata, biotita i amfibola, zajedno sa apatitom, cirkonom, sfenom, alanitom i magnetitom kao dodacima (*Jovanović et al., 2018*).

Sijenit je obično krupnijeg zrna, sadrži oikokriste crvenkastog K-feldspata i obično sadrži karbonate. Karbonati često zapunjavaju međuprostor i formira kristale negativnog oblika, što se obično tumači kao dokaz o njegovom kasnom magmatskom poreklu. U severnom delu masiva nalaze se dvoliskunski granitoidi, pokazuju kompozicione prelaze u ostatak granitoida (*Jovanović et al., 2018*).

#### **4.5 TVOREVINE JURSKE STAROSTI**

Jurski sedimentne stene čine podlogu Timočkoj eruptivnoj oblasti i takođe se nalaze na njenoj istočnoj granici.. Manje područje jurskih stena nalazi se i u okolini Crnjake. Leže preko paleozojskih tvorevina i granita, a povlatu im čine sedimentne stene donje i gornje krede. Mestimično se nalaze u tektonskom odnosu prema vulkanitima i piroklastima gornje krede ili granitoidnim stenama gornjanskog masiva. Razvijena je gotovo cela jurska sukcesija mada se ona nigde ne može osmatrati u kontinuitetu već je generalizovani stub sastavljen na više osnovu više odvojenih lokaliteta.



#### 4.5.1 DONJA JURA

Donja jura je u Timočkoj eruptivnoj oblasti (između Rgotine i Golog krša) razvijena po tipu grestenske facije istočnih Alpa. Predstavljena je kvarcnim konglomeratima, srednjozrnim i krupnozrnim arkozama, laporcima i glincima sa gipsom i proslojcima kamenog uglja (hetanški i deo sinemurskog kata), srednjezrnim i krupnozrnim peščarima sa proslojcima konglomerata i peskovitim krečnjacima (plensbah), krupnozrnim peščarima i peskovitim krečnjacima (Antonijević i dr, 1966).

Na terenima u okolini Velikog krša i Stola, donja jura je kompletno razvijen kod Rgotine. Na osnovu bogate i raznovrsne faune (oko 55 vrsta i rodova) je izvršeno vrlo detaljno izdvajanje horizonata donjeg i srednjeg dela donje jure. (Slika 6). Donja jura Rgotine sastoji se pretežno od različitih psamitskih, ređe psefitskih i polupelitskih sedimenata, debljine oko 320m. U okolini Rgotine se na osnovu faune i

F. LI- JAS	Peščari bez fosila, s trošnim ostacima biljaka	
SREDNJI LIJAS	<p>NIVO velikih belemnita i grifea</p>	<p>Veliki Belemnites paxillosus H. velatus            Krupna Spiriferina rostrata P. aequivalvis            Krupna Spiriferina verrucosa Plic. Spinosa            Velika Gryphaea cymbium Rhynch. cf. variabilis            Wald. cornuta            Terebr. punctata</p>
SREDNJI LIJAS	<p>NIVO numismalne terebratule</p>	<p>Belem. elongatus najveći i najlepši Pholad. ambigua            Wald. numismalis maksimalno razviće Pholad. Idea            Rhynch. argotinensis i. t. d.            Spirif. pinguis, Phol. decorata, Pinna folium.            Sp. verrucosa (sitna), Rh. triplicata, Rh. curviceps</p>
DONJI LIJAS	<p>NIVO grestenske terebratule</p>	<p>T. grestenensis (manja Lima pectinoides)            Rhynchonella Deffneri            Rhynchonella belemnitica            Lima plebeia            T. grestenensis (veća)</p>
DONJI LIJAS	<p>Peščar bez fosila</p>	<p>Laporovit sa slojevima kam. uglja            krupnozrn bez kam. uglja</p>

Slika 6. Šematska stratigrafska podela Lijasa Rgotine po S. Radovanoviću (I. Antonijević 1964).



stratigrafske superpozicije mogu izdvojiti donji, srednji i gornji deo donje jure (Antonijević 1964).

Donjem delu donje jure pripadaju slojevi konglomerata i krupnozrnih peščara debljine oko 80 do 120 metara. Ovaj deo donje jure leži transgresivno preko stariopaleozojskih filita Bukovskog potoka.

Preko tih nižih slojeva donje jure leže laporoviti peščari i peskoviti glinci sa proslojcima kamenog uglja i sa gipsom, a njihovoj površini fosilonosni žučkasti peščari i peskoviti krečnjaci srednjeg dela donje jure.

U gornjem delu donje jure, koji se karakteriše veoma bogatom i raznovrsnom brahiopodskom, lamelibranhiatskom i ređe cefalopodskom faunom, mogu se izdvojiti dva nivoa, „donji brahiopodski“ i gornji „belemnitsko-grifejski“ nivo.

Brahiopodski nivo obuhvata zonu sa *Waldheimia numismalis* i zonu sa *Terebratula grestenensis*. Sem zonskih vrsta ovde je uglavnom koncentrisana i ostala brahiopodska i lamelibranhitska fauna srednjeg dela donje jure.

Belemnitsko-grifejskom nivou pripadaju beli kvarcni peščari i peskoviti krečnjaci, debljine oko 80 metara, sa krupnim belemnitima i grifeama.

Gornji deo Rgotinske donje jure sastoji se od sivih i žučkastih, često veoma grubozrnih, kvarcnih peščara bez fosila koji navise postupno prelaze u peščare bajeskog kata, a ovi u fosilonosne sedimente. Debljina tog dela lijasu iznosi oko 60 metara.

Najpotpuniji razvoj donjojurskih stena postoji između Stola i Rgotinskog kamena. U toj zoni donjojurski peščari imaju veliko rasprostranjenje i u ataru Donje Bele Reke i Rgotine dostižu debljinu od preko 300 metara. Kod Donje Bele Reke razvijeni su uglavnom rumeni i beli kvarcni peščari obično bankoviti. U podini ovih peščara nalaze se grubi kvarcni konglomerati i peščari bele i žučkaste boje, sa ugljenim slojevima.

U bazi krečnjaka Stola otkriveni su takođe rumenkasti i sivi kvarcni peščari mestimično arkoznog tipa. Najniži delovi ovih peščara koji leže neposredno na granitoidnim stenama Gornjanskog masiva, pokazuju asocijaciju minerala granitoidnog grusa cementovanih karbonatnim cementom (Antonijević 1964).



#### 4.5.2 SREDNJA JURA

Preko donjojurskih sedimenata u okolini Timočke eruptivne oblasti između Rgotine i Stola konkordantno leže srednjojurski arkozni peščari i peskoviti, mestimično oolitični i gvožđeviti krečnjaci. Pošto gornji deo donje jure nije paleontološki dokumentovan, granica prema srednjoj juri nije jasna.

U izvesnim područjima (V. krš) sedimenti srednje jure leže transgresivno preko gornjanskih granitoida ili sedimenata starijeg paleozoika. Paleontološki je, prvenstveno na osnovu amonitske faune, (Antonijeviću, 1964) dokumentovan samo gornji deo batskog i donji deo kelovej skog kata (*aspidoides* do *macrocephalus* zone).

Fosilonosni sediment srednje jure, utvrđeni su i na istočnim padinama Stola, severozapadno od Rgotine. Jurske tvorevine leže ovde transgresivno preko Gornjanskih granitoidnih stena i počinju grubim arkoznim peščarima i konglomeratima sa fragmentima granita i kristalastih škriljaca. Preko te peščarsko konglomeratične osnove, čija debljina iznosi oko 100 metara i koja, verovatno, većim delom odgovara donjoj juri, leže srednjejurske sedimentne stene na širem prostoru. U njihovoj povlati, upravo na granici prema krečnjacima gornje jure, nalazi se uzana zona limonitiranih kvarcnih peščara i mrkih, peskovitih i gvožđevitih krečnjaka sa fosilima.

Prelaz iz srednjejurskih peščara u krečnjake gornje jure redovno je obeležen tom markantnom zonom, kao i kod Rgotine.

Na više mesta, duž ovog kontakta stvaraju se manje podkapine pod uticajem erozije na mekše glinovito-gvožđevite peščare.

Debljina fosilonosnog dela srednje jure iznosi na Stolu i vrhu Bezak svega 30cm i može se pratiti na dužini od nekoliko stotina metara. Fauna je tu još raznovrsnija i zasada su konstantovani izuzetno očuvani puževi, školjke, brahipodi, cefalopodi, krinoidi, ježevi i koralji.

Na većem delu Velikog krša tvorevine donje i srednje jure nisu uopšte taložene. Sedimentacija počinje tek krajem srednje i početkom gornje jure. Samo mestimično, zahvaljujući paleoreljefu, taloženi su u tom prostoru konglomerati, peščari i peskoviti krečnjaci. Najverovatnije da su centralni delovi terena, na kome se



danas nalazi Veliki krš, u donjoj i srednjoj juri bili kopno nastalo tokom hercinske orogeneze. Taj deo terena je i danas morfološki najviše istaknut i sastoji se pretežno od krečnjaka gornje jure i granitoidnih stena gornjanskog masiva.

Celokupna srednjejurska fauna Velikog krša, Stola i Rgotskog kamena, naročito cefalopodska, govori u prilog razvića batskog i kelovejskog kata srednje jure.

Pojedine vrste idu više u prilog razvića gornjeg dela batskog kata, kao i na Grebenu, dok su neki predstavnici amonita vezani isključivo za donji kelovej.

Na osnovu ukupne fosilne asocijacije amonitske faune, debljine fosilonosnog izdanka i drugih facijalnih karakteristika, sedimentne stene srednje jure Rgotine i Stola znatno su približni faciji klauskih slojeva istočnih i južnih Karpata.

#### 4.5.3 GORNJA JURA

Gornjoj juri odgovara serija slojevitih i deo bankovitih sprudnih i subsprudnih krečnjaka (Slika 7),



*Slika 7. Sprudni krečnjaci u okolini Stola-gornja jura*



sa sferaktinidima, dicerasima, nerineama, koralima, algama, brahiopodama i ređe cefalopodama. Nalazi se u povlati srednjejurskih peskovitih sedimenata ili, što je ređe, leži direktno preko granita odnosno starijeg paleozoika. Razvijena je na celoj dužini Velikog krša i Stola od Majdampeka na severu do Rgotine na jugu.

Ukupna prosečna debljina gornje jure u ovim terenima iznosi oko 300 metara. Stratigrafski se u njoj mogu izdvojiti dva dela: donji, koji odgovara oksfordskom i kimeridžskom katu i gornji, fosilonosan, koji pripada titonu.

Tvorevine oksforskog i kimeridžskog kata izdvojene su uglavnom na osnovu litološke metode i stratigrafskog položaja. To su slojeviti, ređe bankoviti krečnjaci sa retkom i većinom loše očuvanom cefalopodskom faunom. Mikrofosili su takođe veoma oskudni mada se u nekim partijama krečnjaka Malog krša sreću foraminiferi, briozoe i alge.

U jednom skoro konstantnom paketu ovih krečnjaka redovno se nalaze rožnaci bilo kao proslojci ili kvрге različite veličine i oblika.

Severozapadno od Rgotine tvorevine oksforskog i kimeridžskog kata leže u povlati peščara i peskovitih (rumenih) krečnjaka gornjeg dogera i počinju bankovitih ili slojevitih grudvastih krečnjaka. U najnižim delovima tih krečnjaka nalaze se fragmenti cefalopoda: *Belemnites hastatus*, *Perisphinctes sp.*, *Phyloceras sp.*, zatim koralni, briozoe i alge.

Preko tih osnovnih slojeva gornje jure Rgotskog kamena, i Golog krša leže slojeviti krečnjaci sa rožnačkim kvrgama a u njihovoj povlati bankoviti beličasti krečnjaci bez fosila. Ukupna merena debljina ovog dela gornje jure, do elipsaktinijskih krečnjaka, iznosi oko 120 metara i stratigrafski, najvećim delom, odgovara oksfordskom i kimeridžskom katu.

Na Stolu razvijena je ista serija slojeva, kao i na Golom kršu. I ovde u povlati fosilonosnog paketa srednje jure leži banak žučkastih jedrih krečnjaka srednjeg a delom i gornjeg keloveja, debljine oko 3 metra, a zatim dobro uslojeni krečnjaci oksforskog i kimeridžskog kata.

Od svih katova gornje jure najbolje je razvijen titon, odnosno njegov gornji deo, koji navise prelazi u valendiski kat. Titonski kat u terenima Velikog krša i Stola karakterišu bankovite naslage krečnjaka sprudnog i subsrudnog tipa. To su beli,



jedri, mestimično oolitični krečnjaci koji izgrađuju okomite prostore Velikog krša i prostorne krečnjačke platoe planine Stol. Po mnogim litološkim i faunističkim osobinama potpuno se podudaraju sa titonskim krečnjacima Majdanpeka, Kučaja, Gornjačke klisure.

Vrh Stola i Goli krš izgrađuju pretežno bankoviti i masivni krečnjaci donjeg titona u kojima, po pravilu, retko srećemo predstavnike sferaktinida i druge oblike sesilnog bentosa. To su, većinom, mlečnobeli, čisti i saharoidni krečnjaci sa visokim procentom CaO.

Izvesne partije donjotitonskih krečnjaka imaju lokalno subsprudni karakter i sadrže bogatu titonsku brahiopodsku faunu, ređe korale i briozoe. U fauni donjeg titona Stola upadljivo se ističu krupni pakteni i relativno dobro očuvani brahipodi sa oba kapka.

Zanimljivo je da su na Stolu gornji deolovi titonskog kata dobrim delom erodovani i da zbog toga većinom nedostaju sprudni oblici, korali.

Krečnjaci gornjeg titona čine završni deo jurskih naslaga. Duboko su zahvaćeni erozijom i karstifikovani. Lokalno se u tim krečnjacima nalazi bogata i dobro očuvana fauna sferaktinida koja sa koralima i drugim sprudnim oblicima karakteriše upravo gornje delove titonskog kata. U belim sprudnim krečnjacima nađeno je nekoliko krupnih razvijenih sferaktinija sa delimično očuvanim cenosteumima. Gornji titon je paleontološki dokazan i u zoni Velikog krša.

## **4.6 TVOREVNE KREDNE STAROSTI**

Kredne tvorevine istraživanog područja zastupljene su na širokom prstoru. Prisutno je rezvće i donje i gornje krede.

### **4.6.1 DONJA KREDA**

Tvorevine donje krede getskog domena, koji je otkriven u Južnim Karpatima, nastavlja se u okviru Kučajske zone (ili getske zone) Karpato-Balkanida, između reke Dunava i zapadne Bugarske. Ova zona je jedna od najvećih alpskih celna u istočnom srpskom delu Karpato-Balkanida (Bucur et al., 2020).

Stratigrafski se u donjoj kredi Velikog krša i Stola, osim albskog kata, mogu izdvojiti dva dela: donji, koji odgovara valendijskom i otrivskom katu, i gornji koji



obuhvata baremski i deo aptskog kata. Preko gornjeg dela serije leže transgresivni sedimenti albskog kata.

U povlati titonskh naslaga Velikog krša i Stola leže slojeviti (Slika 8), ređe bankoviti, belosivi i žućkast krečnjaci (Slika 9), debljine 100 do 150m.



*Slika 8. Slojeviti krečnjaci , sa indkacijama u obliku a lineacije o tektonskim događajima*

U njima se obično nalaze sitne milole, pseudociklamine, kodijace, *Salpingoporella* i *algama* i specifični krupni ooliti.

Na Golom kršu i Stolu najveći deo donjokrednih sedimenata potpuno je erodovan i donjokredni krečnjaci su samo mestimično sačuvani.



Na istočnom krilu Miročke antiklinale, u izvorišnim delovima reke Zamne, konkordantno preko titonskih krečnjaka leže laporoviti pločasti krečnjaci debljine do 20 m. U krečnjacima se nalaze *Tintinnopsella carpathica*, lagenide, spiriline i retke radiolarije, na osnovu čega se može zaključiti da oni pripadaju najnižim delovima donje krede. Preko ovih sedimenata transgresivno leže albski konglomerati, peščari i glinci.



Slika 9. Slojeviti belosivi i žučkasti krečnjaci u podnožju Stola

Baremski i deo aptskog kata razvijeni su isključivo u Timočkoj eruptivnoj oblasti na Kršu, malom kršu i Glom kršu. Predstavljeni su krečnjacima urgonske facije, slojevitim (Slika 10), mestimično masivnim krečnjacima (Slika 11), sive, tamno sive i plavičaste boje. Od fosila sadrže najčešće orbitoline (*Orbitolina kurdica*), tukazije, gastropode, (*Nerina cf. Gigantea*) korale i dr.





*Slika 10. Krečnjaci donje krede u okolini Bučja*

Sedimentološki i paleontološki podaci iz stena gornjeg barema i donjeg apta na području istočne Srbije potvrđuju plitkovodnu karbonatnu sedimentaciju platformnog tipa u uslovima tropske do subtropske klime na širokom nestabilnom šelfnom području u toplom moru Tetiskog areala (Sudar et al. 2008).

Istraženi biotop dela urgonskih sedimenata u blizini Boljvca mogao bi se povezati sa ambijentom i karakteristikama tog područja. Predstavlja ekstenzivnu i morfološki diferenciranu platformu, delimično otvorenu (prisustvo skeletnih



karbonatnih peskova veće energije vode formiranih u peščanim plićacima, plažama, plimskim akumulacijama, podmorskim izbočinama), sa dubinom od plitkovdnih sa niskom ili visokom enrgijom infralitorala do litorala. Veoma su česte različite mikrofacije bogate karbonatnim muljem.

Bioklasti (celi ili fragmentirani fosilni primerci) uglavnom potiču iz rudistnih školjki: korala, hetetida, stromatoporida itd., ukazuju na široko rasprostranjenje ovih organizama na platformi.

Urgonski oblici rudista formirani su na srednjoj delu šelfa, odnosno unutrašnjim delovima spoljne margine platforme i unutraplatformskoj laguni (obod ili unutrašnji deo platforme), u kojima zauzimaju različite paleoekološke niše (Wilson et al., 1983).

Razvoj baremskog i aptskog kata istočne Srbije se može porediti sa facijom bioklastičnih krečnjaka istočne Srbij i Južnih Karpata Rumunije (Carevic 2010).

Albski sedimenti razvijni su u Timočkj eruptivnoj oblasti, najvećim delom su otkriveni u okolini Krivelja.

Ovi sedimenti leže transgresivno preko orbitolinskih krečnjaka donje krede, ili preko neokoma, i sačuvani su u većim zonama kraljuštanja i graničnim terenima između Velikog krša i andezita Timočke oblasti.

Najveća fosilonosna partija albskih sedimenata u ovoj zoni otkrivena je između Velikog Krivelja i Kornjetu Mare i u gornjem toku potoka Kvarnani, sveroistočno od Bora. Na svim profila u pomenutim lokacijama jasno se vidi da albski sedimenti leže transgresivno preko baremskih krečnjaka sa orbitolinama i rekvienama. Negde počinju konglomeratima sa valucima kvarca i komadićima krečnjaka, a negde direktno glinovitim galukofanskim peščarima sa dosta liskuna. Pritom je karakteristično da ovi peščari mestimično ispunjavaju i oblažu karstifikovane površine baremskih krečnjaka kao na primeru potoka Kvarnani. Na zapdnim padinama Kornjetu Mare, severno od V. Krivelja, velika partija peščara pripada gornjem albu. To je serija glinvitih, glaukonitskih peščara, dobro uslojnih. Celom svojom dužinom, prema zapadu, ova serija tone pod vulkanogeno sedimntne stene gornje krede.



#### 4.6.2 GORNJA KREDA

Stene gornje krede predstavljene su sedimentima i magmatitima. U gornjoj kredi su takođe izlivene vulkanske i piroklastične stene andezitskog sastava stvarajući Timočki magmatski kompleks.

Gornja kreda istočno i južno od sela Donja Bela Reka predstavljena je turonskim i sedimentima gornjeg dela gornje krede, cenoman nije potpuno dokazan.

Turon i senon se u donjem delu manifestuju u klastičnoj faciji: konglomerati, peščari koji prelaze u peskovite krečnjake, laporce, laporovite krečnjake i glinace koji se naizmenično smenjuju sa andezitima i piroklastitima koji se javljaju u izlivima i žicama debljine do 20 m, a dužine su i do 2 km. U najnižim delovima preovlađuju trahiti, a u višim bazaltne stene. Pored ovih stena javljaju se i andezitii andezitbazalti, dok su daciti retki. Cenoman i gornji turon su u Timočkoj oblasti faunistički dokazani. Sedimenti počinju bazalnim konglomeratima koji leže na donjokrednim sedimentima. Preko njih su laporci i peščari sa klastima vulkanita.

Istovremeno sa gornjekrednim sedimentima javlja se intenzivna tektonska, a nakon nje vulkanska aktivnost, odnosno, stvara se Timočki magmatski kompleks (TMK), složenog litološkog sastava i građe. Izdvojene su tvorevine tri faze vulkanske aktivnosti, kao i produkti intruzivne magmatske aktivnosti, produkti intenzivne hidrotermalne alteracije i različite kontaktno-metasomatski izmenjenih stena. Magmaška aktivnost je dokumentovana u periodu od ~89 do ~77 miliona godina. Intruzivne stene se postepeno razvijaju u nizu od starijih, lokalizovanih u istočnom obodu kompleksa, ka mlađim stenama u zapadnom delu (Kolb et al., 2013; Gallhofer et al., 2015).

Tvorevine II vulkanske faze su nastale u periodu posle relativnog smirivanja magmaške aktivnosti, nakon I faze, kad je došlo do deponovanja sedimentne serije predstavljene pelitima i konglomeratima. Prostorno su pretežno razvijene zapadno od tvorevina I vulkanske faze i prateće vulkanogeno-sedimentne serije (pelita i konglomerata). Imaju veliki udeo piroklastičnog materijala (preko 90%). Odsustvo vulkanogeno-sedimentne serije (pelita i tufova) ukazuje da vulkanizam II faze nije bio isključivo submarinski. Izgrađuju centralne i zapadne delove TMK. Pretežno su to piroklastične vulkanske stene andezitskog sastava (piroksen-, piroksen-hornblenda- i



hornblenda-andeziti), ređe trahitskog (albitski trahiti), pri čemu preovlađuju piroksen-andeziti. Tvorevine II vulkanske faze formirane su iz kalk-alkalnih magmi siromašnih vodom i zasićenih silicijom. Prema Niglijevoj klasifikaciji, odgovaraju leukogabroidnim i leukomonconitskim magmama. Zbog povišenog prisustva bazičnog plagioklasa nazvani su i andezit- bazaltska asocijacija.

Vulkaniti III vulkanske faze najmanje su rasprostranjeni, a zastupljeni su na jugu i jugozapadu Timočkog magmatskog kompleksa i znatno manje na drugim lokalitetima. Predstavljeni su latitima i u znatno manjoj meri trahit-bazaltima. Zbog preovlađujućeg učešća latita vulkanske stene ove faze nazvane su latitska asocijacija stena. Prema Niglijevoj klasifikaciji odgovaraju monconitskim, leukomonconitskim i monconit dioritskim magmama.

Cenomanski slojevi su izdvojeni na većem prostoru na krilima Miročkog antiklinorijuma i na relativno malom delu Timočke rov-sinklinale, na zapadnim padinama Velikog krša.

U oblasti Miroča iznad najvišeg alba sa prelazom u cenoman, predstavljenog kvarcnim peščarima i laporcima sa *Inoceramus cf. pictus* (između Popovice i Plavne) naizmenično se smenjuju peskoviti i ugljeviti glinci, glinoviti i laporoviti peščari, laporci i laporoviti krečnjaci. Oni se postepeno razvijaju iz podine i najverovatnije predstavljaju jedan deo cenomanskog kata. U njihovoj povlaci su vulkanogeno-sedimentne tvorevine, koje su takođe priključene cenomanu. Debljina paketa laporovitih glinaca, peščara i laporovitih peščara kreće se između 40 i 50m. Cenoman Timočke rov-sinklinale javlja se na zapadnim padinama Velikog krša, između Zbega i Strnjaka.

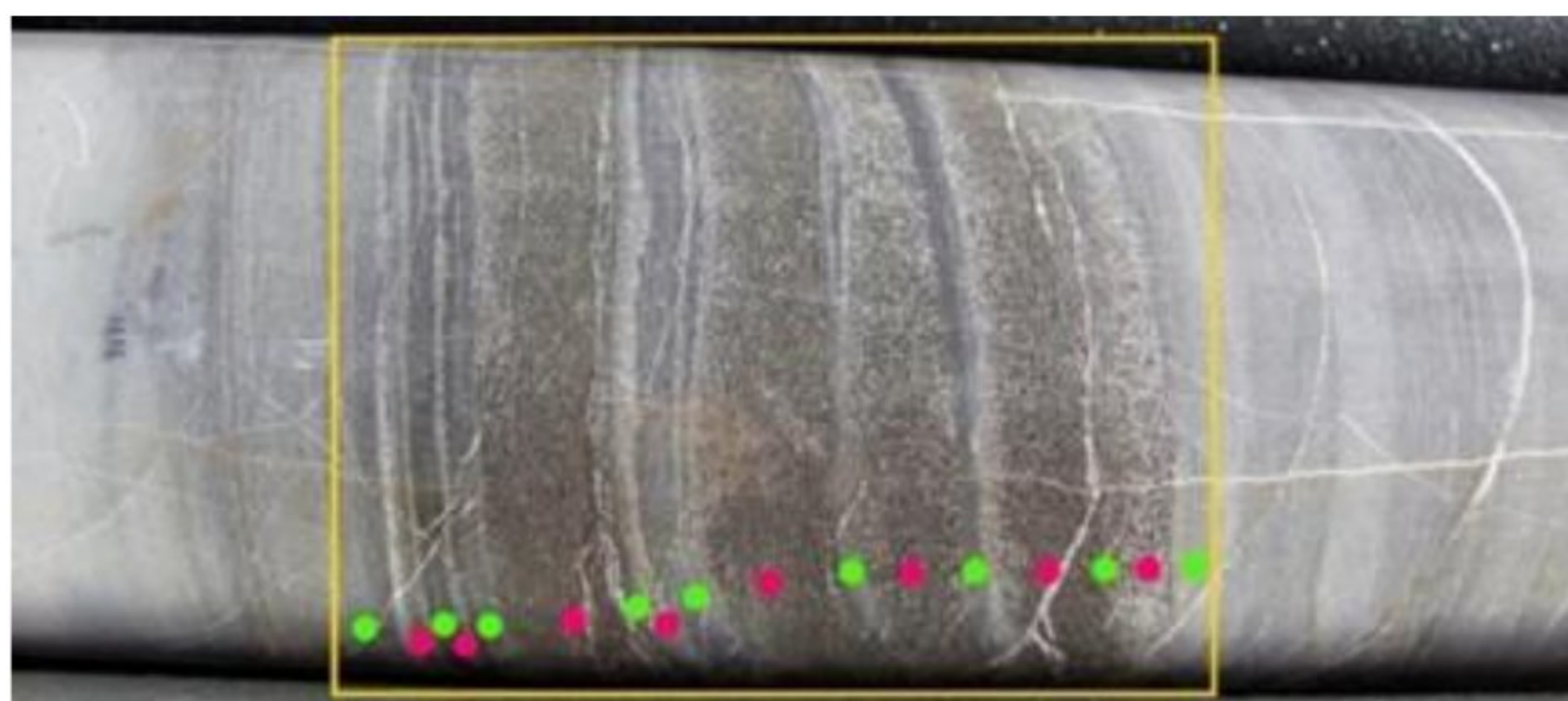
Laporci su stratifikovani u veoma tanke (1-8 cm) i tanke (8-15 cm) slojeve (Slika 11). Retko se mogu naći i slojevi debljine od 15-30 cm. Viši oblik organizacije su paketi sa debljinama od par desetina cm pa do par metara. Redovno imaju, manje ili više, naglašenu horizontalnu laminaciju. Boja im je u tonovima sive, sivo-zelene ili smeđe sive. Redovno su prisutniji paketi (par metara) laporaca u tonovima crvene boje. Paketi crvenih laporaca nalaze u različitim delovima stuba ove jedinice ali su najučestaliji u bazalnom delu.





*Slika 11. Tipični izgled sivih laporaca. Strelice pokazuju površi slojevitosti. Bušotina FMTC 1109 (Vasić, 2015).*

Laporci redovno imaju lamine i tanke slojeve peščara. Lamine i slojevi mogu biti usamljeni ili grupisani. Grupisane lamine daju setove, a slojevi male pakete (Slika 12). U pojedinim slojevima može biti manje ili više naglašena gradacija. Prisutna gradacija ukazuje na transport pridnenim tokovima, u ovom slučaju, niske energije i finu granulometrijsku diferencijaciju (Vasić, 2015).



*Slika 12. Grupisani slojevi peščara u laporcu. Ljubičaste tačke obeležavaju veoma tanke slojeve peščara, a zelene veoma tanke slojeve ili debele lamine sivih laporaca. Bušotina FMTC 1335 (Vasić, 2015).*

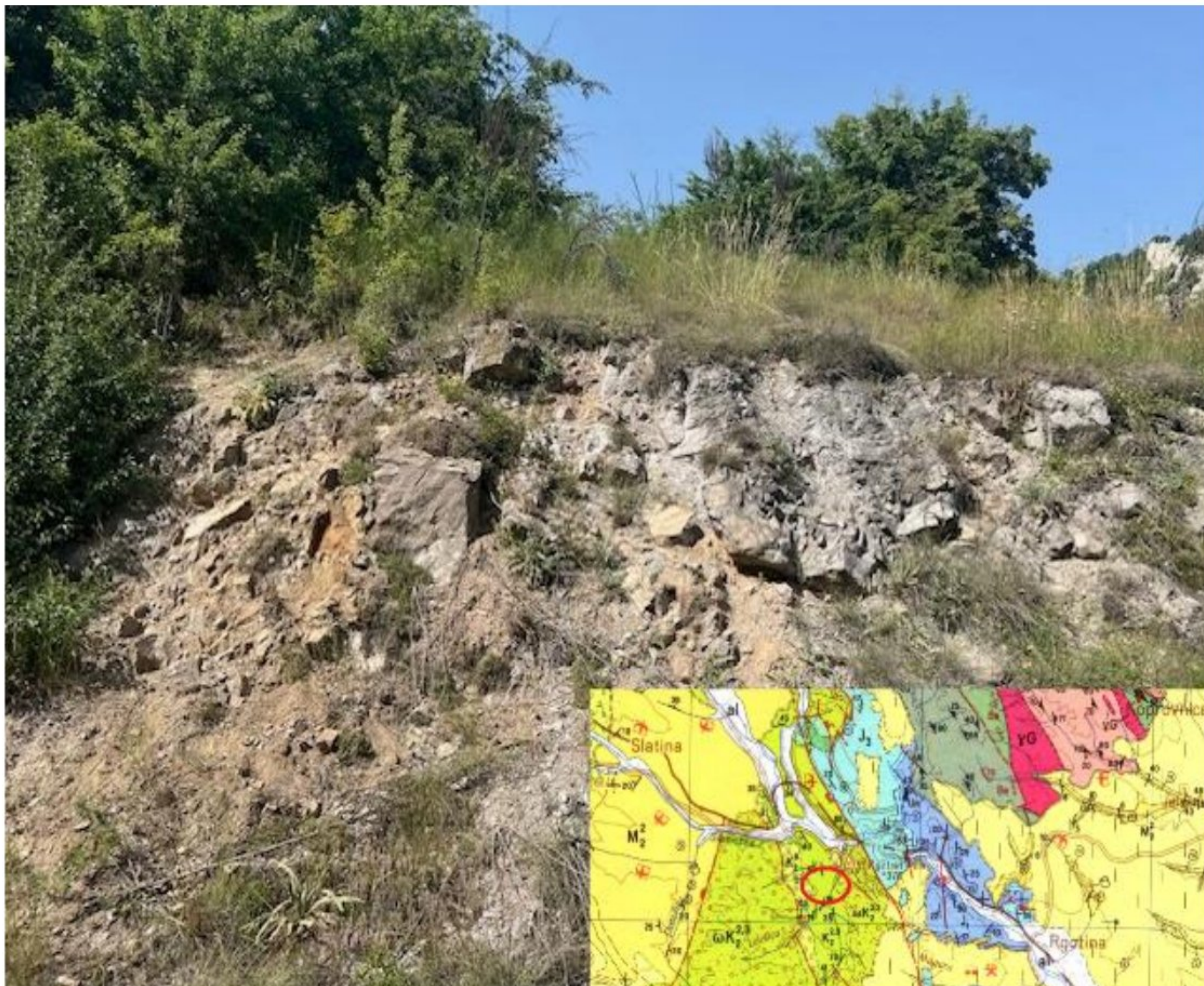
Prema glavnim petrogenim sastojcima izvor klastičnog materijala je bio andezitski kompleks. Ti sastojci su odlomci feldspata i odlomci vulkanskih stena tj. andezita ili njegovih vulkanoklastita. Kvarc, kao uobičajeni petrogeni sastojak kod većine peščara, u ovima je sveden na minimum. To je takođe, pokazatelj da je glavni



resurs bio andezitski kompleks. Bez obzira dali su peščari prisutni kao lamine ili kao tanki slojevi izdvojene su dve vrste prema Dott-ovoj klasifikaciji (1962). Jedni pripadaju arkozama, a drugi su litareniti. Arkoze su peščari kod kojih matriksa ima manje od 15%, sadržaj feldspata je preko 25% i uvek je veći od sadržaja odlomaka stena. Litareniti su peščari kod kojih je sadržaj matriksa manji od 15%, sadržaj odlomaka stena je preko 25% i uvek je veći od sadržaja feldspata.

Petrološkim ispitivanjima laporci gornje krede su definisani kao fosiliferni mikriti i biomikriti. Ovake odrednice ukazuju na manje ili veće prisustvo organogenog alohema. On je prevashodno od ljušturica pelaških mikroorganizama. U pojedinim uzorcima sadržaj organogenog alohema je i do 30%.

Preko cenomanskih vulkanogenih naslaga Miroča leže konglomerati izgrađeni od valutaka vulkanita, peščara, krečnjaka i drugih sedimenata. Oni bočno i vertikalno prelaze u slojevite i bankovite kvarcno-liskunovite peščare (Slika 13) i glince, litološki jako slične sedimentima turona Timočke eruptivne oblasti.



*Slika 13. Peščar gornje krede*



U pogledu faune su praktično sterilni. Sadrže lagenide, alge, korale, algalne strukture, ježeve bodlje, spikule spongija.

U nižim delovima jedinice preovlađuju peščari, a u višim glinci. Glavne komponente stena su kvarc i liskun. Kao cement sastojaka sasvim retko se javlja karbonat.

Senon je u Timočkoj oblasti faunistički dokazan, dok sigurnih podataka ima samo za najviše delove turona. Postojanje nižih nivoa turonskog kata može se samo pretpostaviti na osnovu toga što turonsko-senonske vulkanogeno-sedimentne tvorevine sa lista Zaječar na širokom prostoru prelaze na list Bor, što sedimentne naslage Strnjaka i Zbega po položaju i sastavu odgovaraju turonskim sedimentima koji u Leskovačkoj reci (list Zaječar) leže normalno preko cenomanskog kata.

Jedna od najzastupljenijih i najrazvijenijih jedinica na ovom prostoru su Borski klastiti.

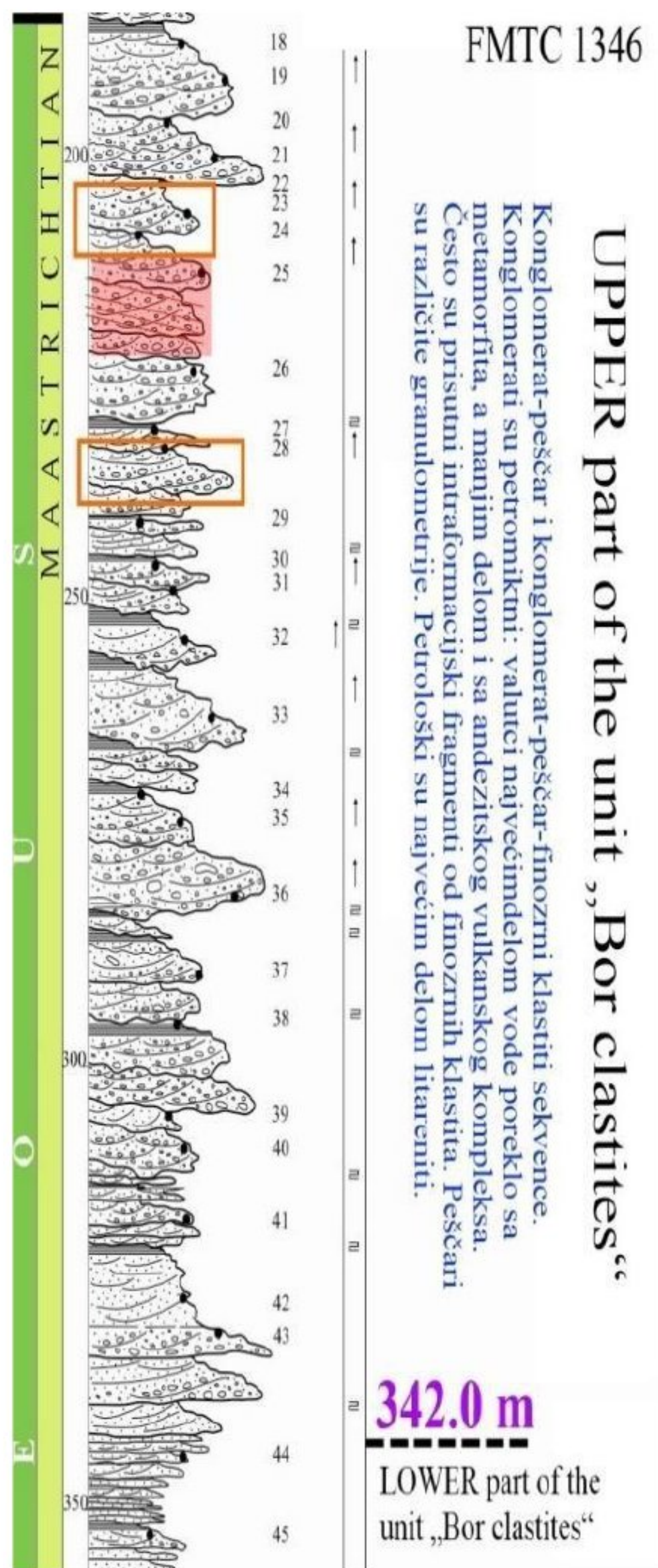
U okviru Borskih klastita mogu se izdvojiti gornji i donji deo. Donji deo jedinice je izdvojen u svih 5 istraživanih bušotina. Gornji deo ove jedinice je izdvojen u bušotinama FMTC 1210, 1335 i 1346 (Slika 13). Rasčlanjivanje je izvršeno na osnovu ukupne litologije tj. vrste i dominacije stena kao i teksturnih osobnosti. Generalna sedimentološka odlika jedince je pogrubljanje zrna naviše (Vasić, 2015). Jedinica „Borski klastiti“ uvek leži preko jedinice „Laporci gornje krede“. Povlata su joj miocenske jedinice. U bušotinama FMTC 1339, 1109 i 1346 povlataje jedinica „Miocenski fino-zrni klastiti i laporci“, a u bušotinama FMTC 1210 i 1335 jedinica „Miocenski šljunkovi i peskovi“.

Gornji deo jedinice Borski klastiti- Sedimentološki, ovaj deo jedinice obeležava zatvaranje gornjokrednog mora. Karakteristike deponata ukazuju na snažan aluvijalni sistem koji je unosio veliku količinu klastičnog materijala. Depozicija je bila vezana za aluvijalne kanale i prateće prudove, po svemu sudeći razvijene na deltnoj površi, bliže ili dalje od delta fronta. Deltni model bi odgovarao konstruktivnoj delti tj. delti koja ima dominaciju aluvijalnog sistema.

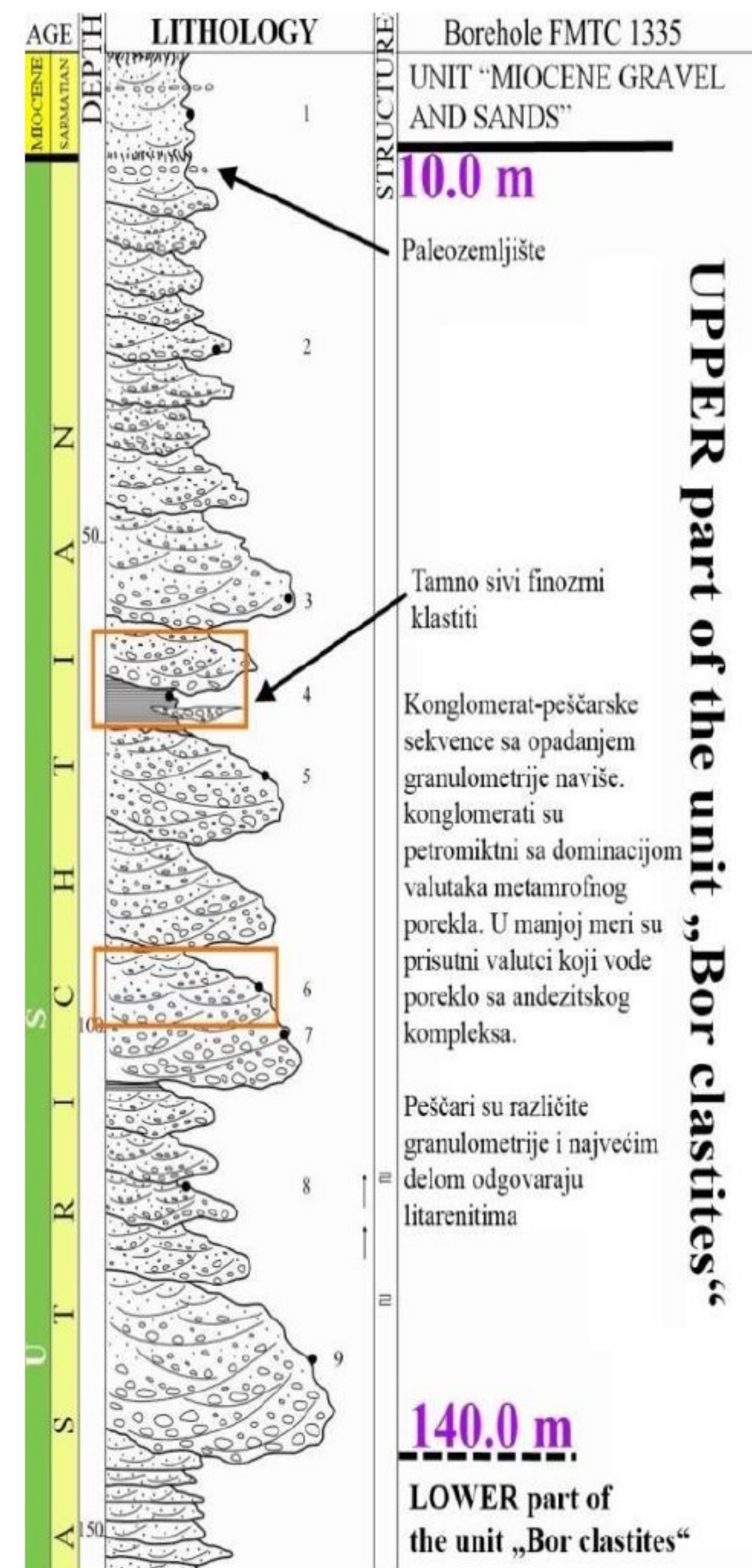
Opšta odlika ovog dela jedinice su klastične sekvence tipa konglomerat- peščar (primarno šljunak-pesak), konglomerat-peščar-fino-zrni klastiti, peščar- peščar i peščar-fino-zrni klastiti (Slika 14 i Slika 15). Dakle,



sekvence mogu biti dvočlane i tročlane.



Slika 14. Konglomerat- peščarske sekvence u gornjem delujedinice „Borski klastiti“ nabušene bušotinom FMTC 1335 (Vasić, 2015).



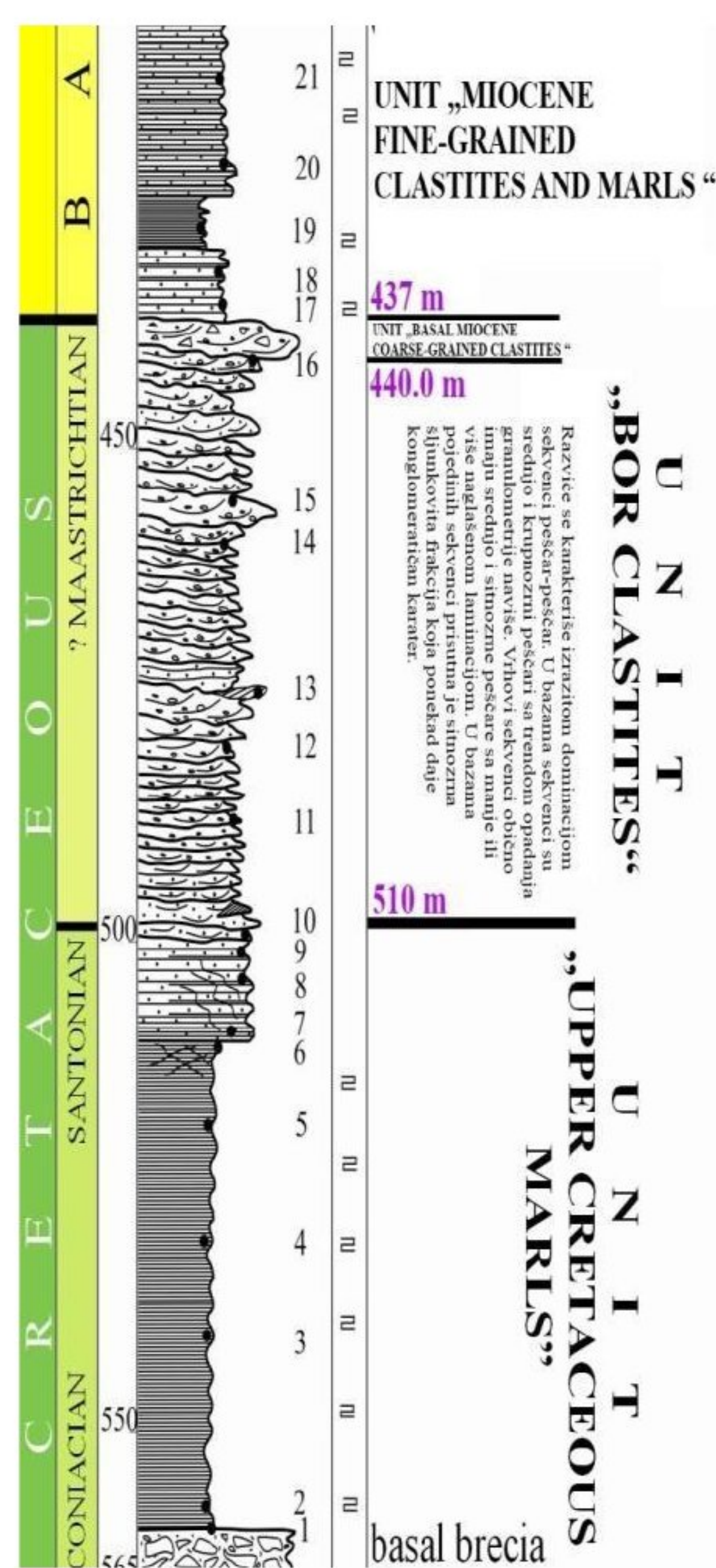
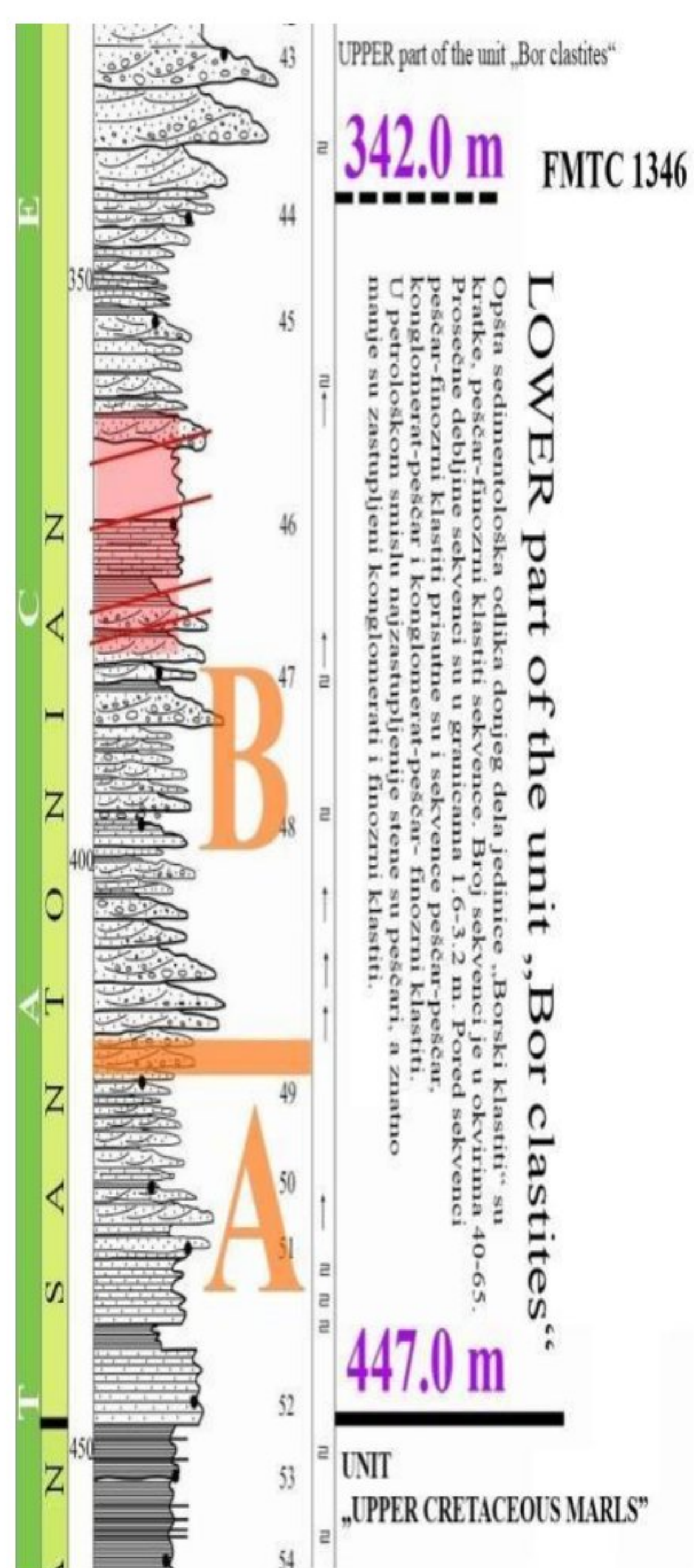
Slika 15. Konglomerat- peščarske sekvence u gornjem delujedinice „Borski klastiti“ nabušene bušotinom FMTC 1346 (Vasić, 2015).

Kratke ili tanke sekvence su po pravilu peščar-peščar ili peščar-finozrni klastiti. Debele, višemetarske sekvence su konglomerat-peščar ili konglomerat-peščar-finozrni klastiti. Potpune sekvence se uvek završavaju finozrnim klastitima (peliti) tamno-sive do crne boje. Ove stene obično imaju horizontalnu laminaciju ili male setove kose slojevitosti ili laminacije (Vasić, 2015). U stubu ovog dela jedinice prisutnije su skraćene sekvence kod kojih izostaju gornji delovi. Gornji ili završni delovi sekvenci su erodovani snagom toka koji daje povlatnu sekvencu. Na erozione procese u toku sedimentacije jedinice ukazuju intra formacijski fragmenti od



finozrnih klastita koji su izmešani sa klasičnom šljunkovitom frakcijom (Vasić, 2015).

**Donji deo jedinice „Borski klastiti“**- Donji deo jedinice uvek leži direktno na jedinici „Laporci gornje krede“. U bušotinama FMTC 1210, 1335 i 1346 prekodolaze klastiti gornjeg dela jedinice „Borski klastiti“. U bušotinama FMTC 1109 i 1339 preko leži miocenska jedinica „Finozrni klastiti i laporci“. Nabušene debljine donjeg dela jedinice „Borski klastiti“ su u okvirima 73-147 m. Opšta sedimentološka odlika donjeg dela jedinice „Borski klastiti“ su kratke, pešćar- finozrni klastiti sekvence (Slika 16 i 17, Vasić, 2015).



Slika 16- Litološki stub donjeg dela jedinice „Borski klastiti“ u bušotini FMTC 1346. A – paket sa dominacijom sekvenci tipa pešćar- finozrni klastiti. B – paket sa dominacijom sekvenci tipa pešćar-pešćar.

(Vasić, 2015)

Slika 17- . Litološki stub donjeg dela jedinice „Borski klastiti“ u bušotini FMTC 1109 (Vasić, 2015).



U bazama sekvenci su srednjo i krupnozrni peščari sa trendom opadanja granulometrije naviše. Vrhovi sekvenci obično imaju srednjo i sitnozrne peščare sa manje ili više naglašenom laminacijom. U bazama pojedinih sekvenci prisutna je sitnozrna šljunkovita frakcija koja ponekad daje konglomeratičan karakter (Slika 18) (Vasić, 2015).



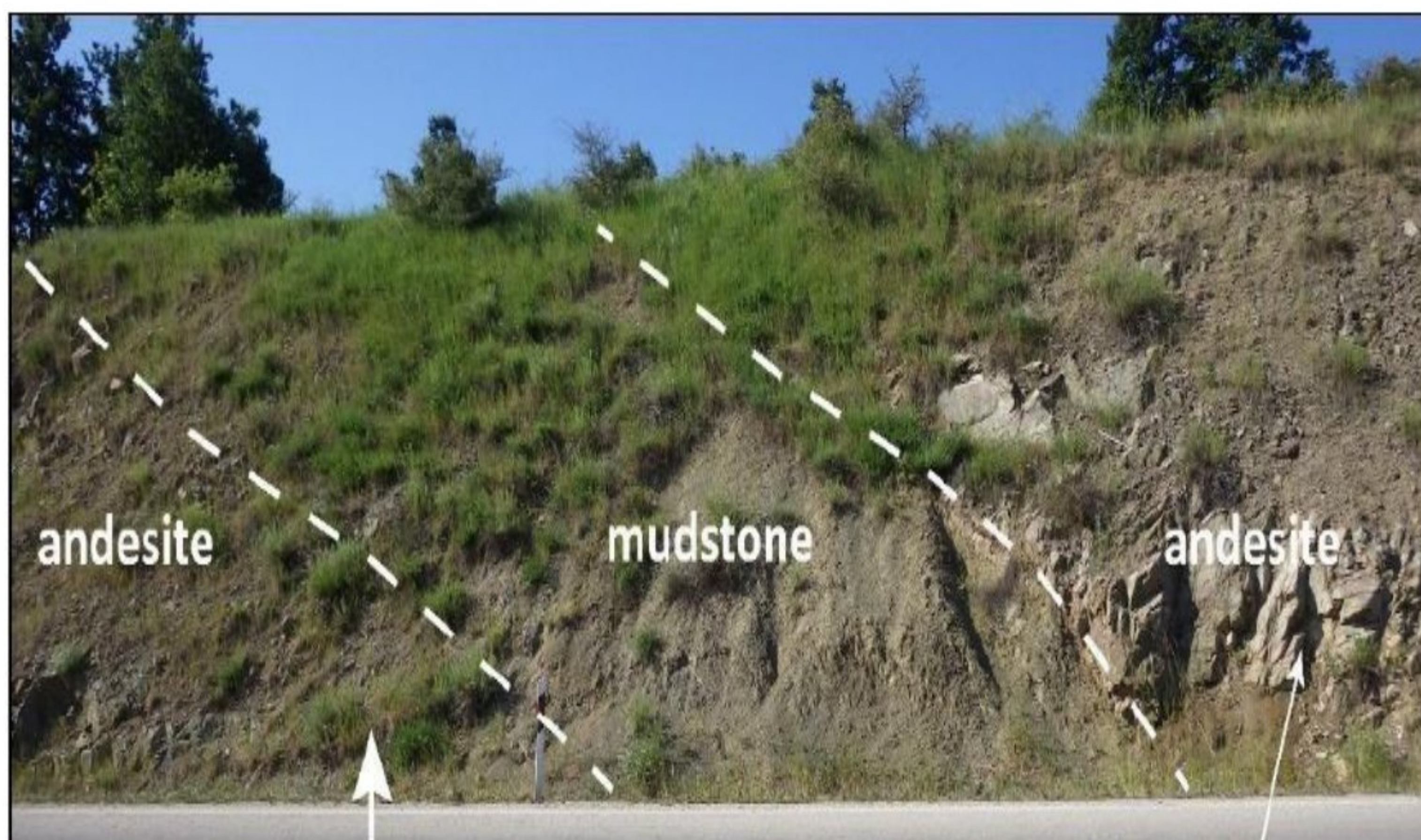
*Slika 18. Izgled sekvenci (1, 2, 3 i 4) u razviću donjeg dela jedinice „Borskiklastiti“ nabušenog sa FMTC 1339. Sekvenca 1 je peščar-finozrni klastiti, a sekvenca 2 peščar-peščar. Sekvence 3 i 4 u bazi imaju konglomeratične peščare.*

Arkoze i subarkoze imaju prosečno najviše sadržaje kvarca i feldspata. Kod ovih stena dominiraju plagioklasi i K-feldspati metamorfnog porekla. Kod vulkanskih arenita dominiraju odlomci andezitskog porekla, a kvarc je najmanje zastupljen. U ovim peščarima dominiraju intermedijarni plagioklasi (andezin) u okviru ukupnih feldspata. Kod vulkanskih arenita dominiraju odlomci andezitskog porekla, a kvarc je najmanje zastupljen. U ovim peščarima dominiraju intermedijarni plagioklasi (andezin) u okviru ukupnih feldspata.

U okviru istraživanog područja razlikujemo dve glavne faze vulkanizma, koje uključuju prvu fazu koja je starosti otprilike 89.0-84.3 miliona godina (Jelenković et al. 2016), koja obuhvata horblenda-andezitske stene zajedno sa interkaliranim vulkanoklastitima, epiklastitima, laporovitim i fino-zrinim klastitima, ograničenim prema istočnom Bor-Lenovac tektonskom bloku. Druga faza koja je bila otprilike oko 82.3-81.8 miliona godina (Jelenković et al. 2016) sadrži bazalte, andenzite i vulkanoklastite, koji su ograničeni prema zapadnom Crna Reka tektonskom bloku.



Na određenim izdancima blizu ležišta, ekstruzivni andenziti su sastavljeni od „masivnih“ izlivnih jedinica sa interkaliranim krečnjačkim laporcem (Slika 19)



Slika 19. Andeziti asocirani sa laporovitim sedimentima (Rakita exploration report 2016)

#### 4.6 TVOREVINE NEOGENE STAROSTI

Neogene tvorevine na listu Bor zauzimaju veliko prostranstvo. Pouzdano su konstatovani sedimenti srednjeg i gornjeg miocena i pliocena.

Litoralni i transgresivni članovi izgrađeni su uglavnom od materijala sa najbližih obodnih terena. U višim horizontima su taloženi različiti peščari, šljunkovi, peskovi i peskovite gline (Slika 20) u kojima se mestimično nalazi bogata fauna. Iz Doslunj potoka su određene sledeće forme: *Divaricella ornata*, *Anadara dilluvi*, *Terebralia (Terebralia) dibentata lignitarum*, *Pirenella picta bicostata*, *Nassa (Phrontis) dujardini* i druge. Na osnovu mikrofaune izdvaja se donji torton sa *Globogerinoides triloba*, *Cibicides dutemplei* i *Cibicides punctatus*, i gornji torton sa *Ammonia beccarii*, *Quiqueloculina acneriana* i *Rotalia viennensis*

Bazalni gruboklasti naglašavaju transgresivni karakter miocena uopšte, tj. novog sedimentacionog basena koji počinje da se formira i razvija od donjeg miocena. Male je debljine koja ide od par pa do 26 metara. Zajedno sa bazalnim klastitima ili samostalno miocenski fino-zrni klastiti i laporci leže preko krednih



sedimentnih jedinica (Slika 21) ili direktno preko andezitskih vulkanita i vulkanoklastita.



*Slika 20. Miocenski sedimenti u blizini Bele reke*

Tipski fino-zrni klastiti i laporci, izgledaju strukturno i teksturno vrlo monotono. Interni teksturni oblici, pre svega, laminacije su slabo izražene i sporadično se pojavljuju. Izostajanje laminacije se manifestuje specifičnim prelomom koji je oštar ili školjkast. Boja ovih sedimenata je u svetlim tonovima smeđe, sive, zelenkaste ili ružičaste. Prelazi među bojama su redovna pojava. U pojedinim nabušnim stubovima postoji smenjivanje paketa koji se razlikuju samo po boji. Na primer smena sivih ili tamnosivih paketa i ružičastih ili svetlo smeđih paketa. Svetli



tonovi žute i crvene boje su često uz pukotinske sisteme ili slabo naglašenu laminaciju.



Slika 21. Kontakt miocenskih sedimenata sa krednim ~~tvorevinama~~ i jurskim tvorevinama

To ukazuje da je ta boja sekundarna. Takođe, slabo vidljivu laminaciju naglašava fragmentiranje jezgra ali kao posledica tehnike bušenja. Laminacija je bolje izražena ako je prisutnija sitnozrna peskovita komponenta, odnosno kada ove stene imaju prelaz ka peskovima. Vlažni sedimenti imaju plastičnost ali nije primećen obubrenje. Na svežim prelomima vide se ljuspice sericita i muskovita. Ovi filosilikati naglašavaju prisustvo alevritske frakcije. Kroz celu jedinicu, u svim



bušotinama, prisutan je debris karbonificirane flore. Veličina fragmentirane flore je u mm i cm opsegu. Ponekad se flora nagomilava paralelno laminaciji (Vasić, 2015).

## **5. REGIONALNE TEKTONSKE KARAKTERISTIKE**

Karpato-balkanski orogen je nastao usled subdukcije okeana i kolizije kontinentalnih blokova sa evropskom kontinentalnom marginom, što je bilo vođeno ukupnom konvergencijom između afričke i evropske ploče. Mezijska platforma predstavlja nedeformisani prednji deo Evrope i spojena je sa drugim jedinicama sa evropske margine (mega jedinice Tise i Dakije) (Schmid et al., 2008).

Sve kontinentalne jedinice u kojim se nalazi ABTS (Apuzeni – Banat – Timok - Srednjejorje) pojas nalaze se severno i istočno od suture Evropa-Adrija i prvobitno su izvedene iz evropske ploče. Ovaj odnos važi za mega-jedinicu Dakija koja obuhvata glavne jedinice Južnih Karpata koje se nastavljaju u balkanski orogen u Bugarskoj i za kontinentalnu megajedinicu Tise, slabo izloženu unutar Panonskog basena i na planinama Apuzeni u Rumuniji (Gallhofer et al., 2015).

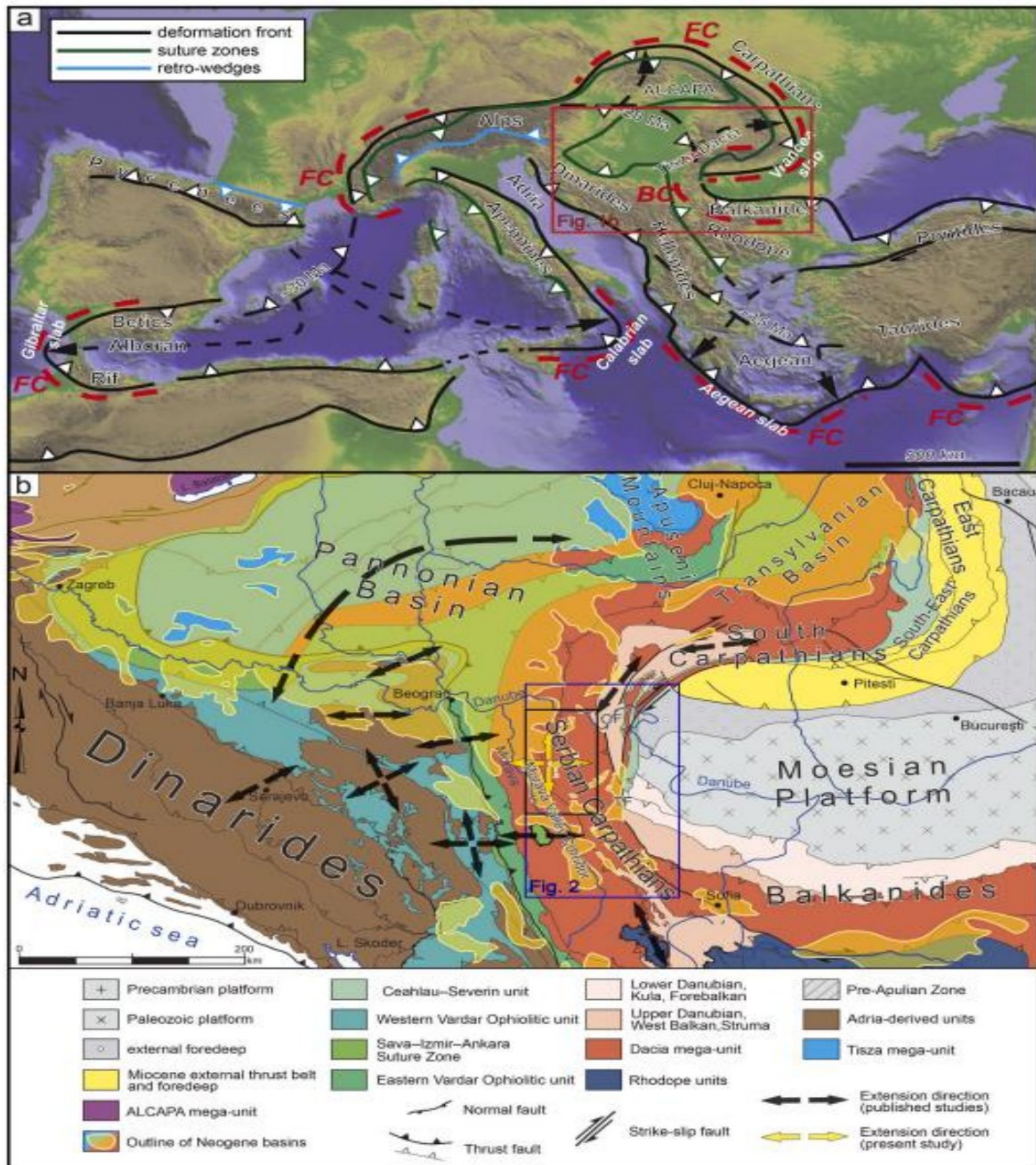
Segment Karpato-Balkanida koji se nalazi u Srbiji čini deo veće tektonske mega jedinice Dakije, koja potiče iz Evrope (Slika 22 b).

Ovaj segment nalazi se u zoni između slaganja navlaka dva orogena sistema koja su nastala tokom zatvaranja dva okeanska područja, odnosno ogranka Čelau-Severin alpskog dela okeana Tetis i severnog ogranka okeana Neotetis (Schmid et al., 2008, 2020).

Čelau-Severin krak alpskog Tetisa, čiji se ostaci vide u istočnom i severnom delu područja (Slika 22.) otvoren je tokom srednje jure i zatvoren je krednom subdukcijom i kolizijom, dok su njegovi ostaci dodatno deformisani tokom gornje krede-miocena (Matenco, 2017). Na istoku, stabilni ispredlučni deo Evrope čine Mezijska platforma u oblasti južnih Karpata (Slika 22). U ovom segmentu orogena, kredno zatvaranje subdukcijom i naknadnim sudarom okeana Čelau-Severin bilo je povezano sa dve glavne faze skraćivanja koje su stvorile opserviranu navlaku.



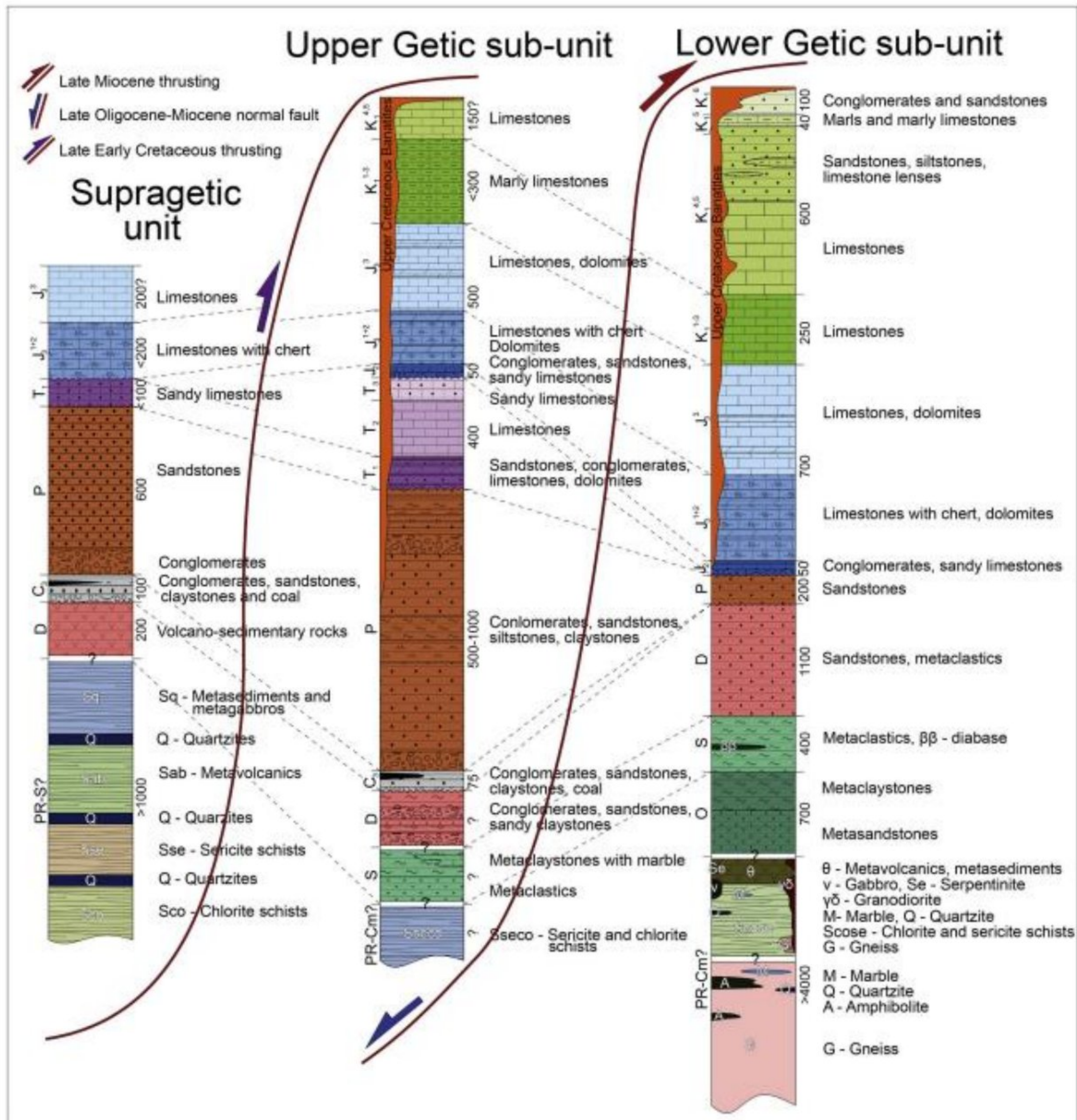
Početno kasno donjokredno navlačenje (100-110 Ma „Austrijski“ događaj u lokalnoj literaturi) jedinice Supragetik je praćen kraćim krednim navlačenjem (gornji kampan - donji Mastriht, 75-67 Ma, „Iaramijski“ događaj u lokalnoj literaturi). Getske jedinice i formiranje Dunavskog „navlačnog lista“ koji se nalazi na margini Mezijske platforme (N. Krstekanić et al., 2020).



Slika 22. Slika 1a-Uprošćena slika Mediteranskog orogena formiranog tokom Mezozoik-Kenoziok vremena, prikazuje strukturne zone, orogene frontove (Inspirisano od Van Hinsbergen et al., 2008) Slika 1b-Regionalna tektonska karta oblasti koja povezuje Dinaride i Južne karpate na kojoj je prikazana glavna tektonska jedinica (Modifikovano posle Schmid et al., 2008,20020) ( N. Krstekanić et al., 2020)



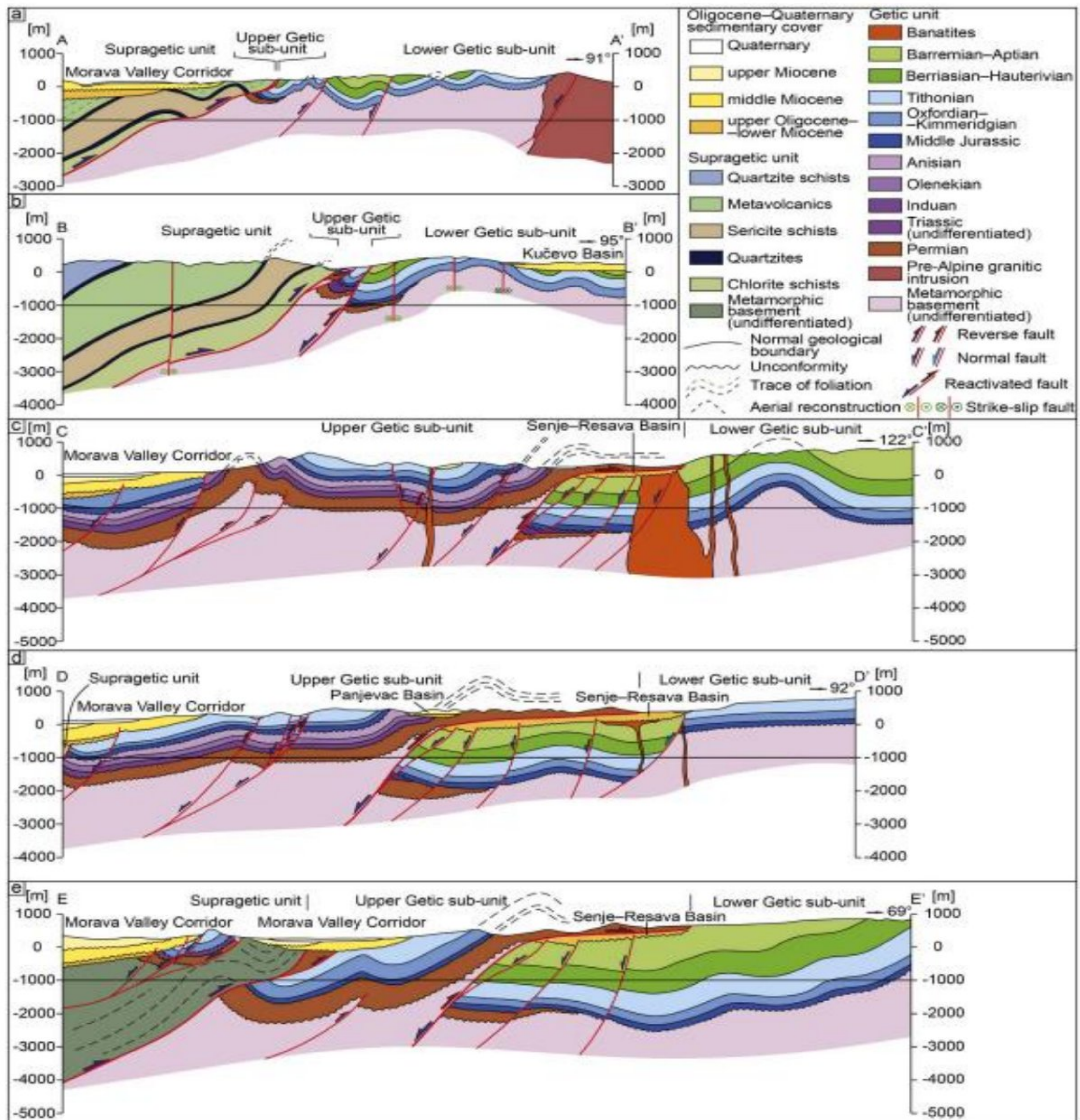
Ovi događaji su bili korelativni sa značajnom eskumacijom čitavog navlačnog lista. Jedinica Supergetika sadrži otkrivenu metamorfnu podinu sastavljenu od neoproterozojsko-silurske vulkanogeno-sedimentne sekvence, metamorfisana je do facije zelenih škriljaca, sub zelenih škriljaca, a u delu Srpskih Karpata i od facije amfibola i sub-zelenih škriljaca u Južnim Karpatima tokom Variciskog vremena (Slika 23 i 24). Slika 23. Tektono-stratigrafski stub jedinica Supergetikuma, Gornjeg Getikuma i Donjeg Getikuma. Ljubičasta strelica ukazuje na kasno donjo kredno navlačenje i nalvačni list na poledini koje je stvorilo Supergetsku navlaku, dok plava i crvena polustrelica ilustruju miocenski



noramlni rased i navlačenje Gornjo Getske navlake. Stratigrafska starost jedinica je označena simbolima na levoj strani svake kolone. Brojevi na desnoj strani svake kolone pokazuju maksimalnu debljinu jedinica u metrima (N. Krstekanić et al., 2020)



U Srpskim Karpatima ove stene su prekrivene transgresivno-regresivnim gornje karbonskim-permskim sekvencama koje sadrže konglomerate, pešcare i škriljce sa slojevima uglja koji su u ogrnjim delovima zamenjeni crvenim aluvijalnim peščarima (Slika 23.). Ovi sedimenti su prekriveni transgresivnim trijasko-jurskim plitkovodnim krečnjacima. Getska jedinica u Srpskim Karpatima je podeljena u dve sub jedinice (Gornja i Donja Getska jedinica) (Slika 23 i 24).



Slika 24. Geološki profili kor istraživanu oblast. Geološki profili su napravljeni na osnovu terenskih podataka i rezultata studije. Boje strelica ukazuju na kinematiku duž raseda (N. Krstekanić et al., 2020)



Na severu, geornjokredno navlačenje u Južnim Karpatima je stvorilo uski sistem od dve navlake koje su smeštene u gornji deo Getske jedinice koja sadrži trijasno-jurske sedimente i nalazi se neposredno ispod glavne Supergetske navlake (Iancu et al., 2005a).

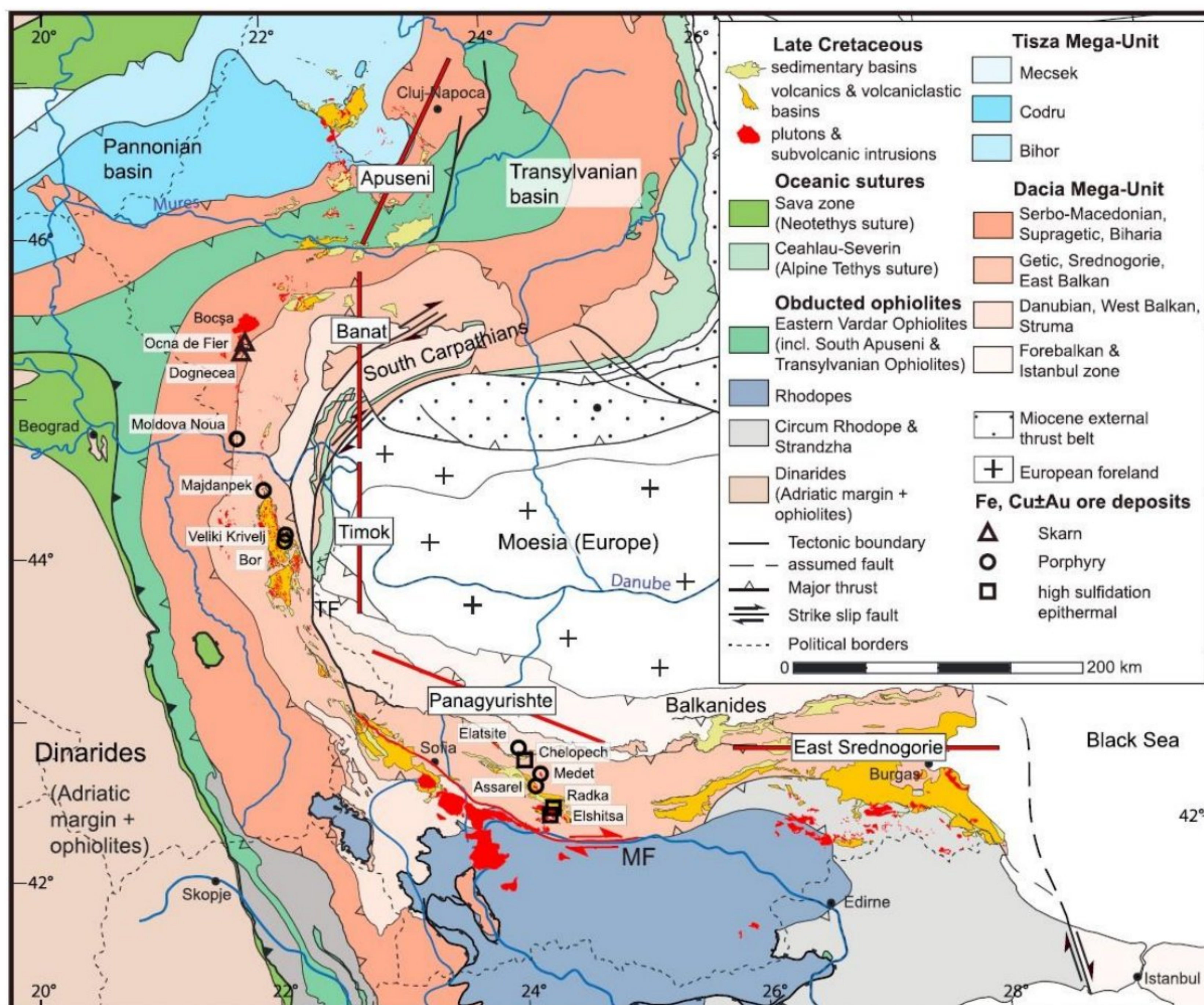
Ove navlake su protumačene kao ekvivalent gornje Getkse sub-jedinice postavljene tokom kasne gornje krede, u nizu pratećih isprepletenih lepeza u povlatnom bloku glavne Supergetske navlake (Kraunter & Krstić, 2002). Gornje i donje Getske sub-jedinice sadrže slične variscijske facije, zelene škriljce i amfibolite, koje su intrudovane plutonima i prekriveni sedimentima tokom karbona do krede. Debljina mezozojskog pokrivača dostiže 2 km i sastoji se od Permsko-donjotrijaskog transgresivnog aluvijalnog klastičnog do plitkovodog materijala (Slika 23).

Početak okeanske subdukcije u srednjoj juri je doveo do obdukcije ofiolita i ofiolitskog melanža preko jadranskih i evropskih kontinentalnih margina nakon ove obdukcije usledilo je kredno-eocensko skraćivanje prostora, čiji je vrhunac bio tokom kasne krede kada je došlo do kolizije i kasnijeg formiranja zone šava (suture) na kontaktu između dve glavne kontinentalne jedinice tj. Sava zone (Stojadinović et al., 2017). Gornjokredna subdukcija Neotetisa bila je praćena velikom količinom magmatizma (92-67 Ma) koji je primećen u pojasu ABTS (Slika 25).

ABTS gornjokredni magmatski luk u Karpato-Balkanskom orogenu formiran je na Evropskoj margini tokom zatvaranja okeana Neotetisa. Naknadno je deformisan tokom kontinentalnih kolizija (Gallhofer et al., 2015).

Kompleksa interakcija kompresione i ekstenzione tektonike koja je delom prethodila, a delom afektirala magmatski luk, dovela je do segmentacije ABTS pojasa na: Apuseni, Banat, Timok, Panagirištei istočno Srednjeogorije, koje ovde definišemo na osnovu geografskog regiona i glavnih rasednih zona kontinentalne kore (Slika 25, Gallhofer et al., 2015).



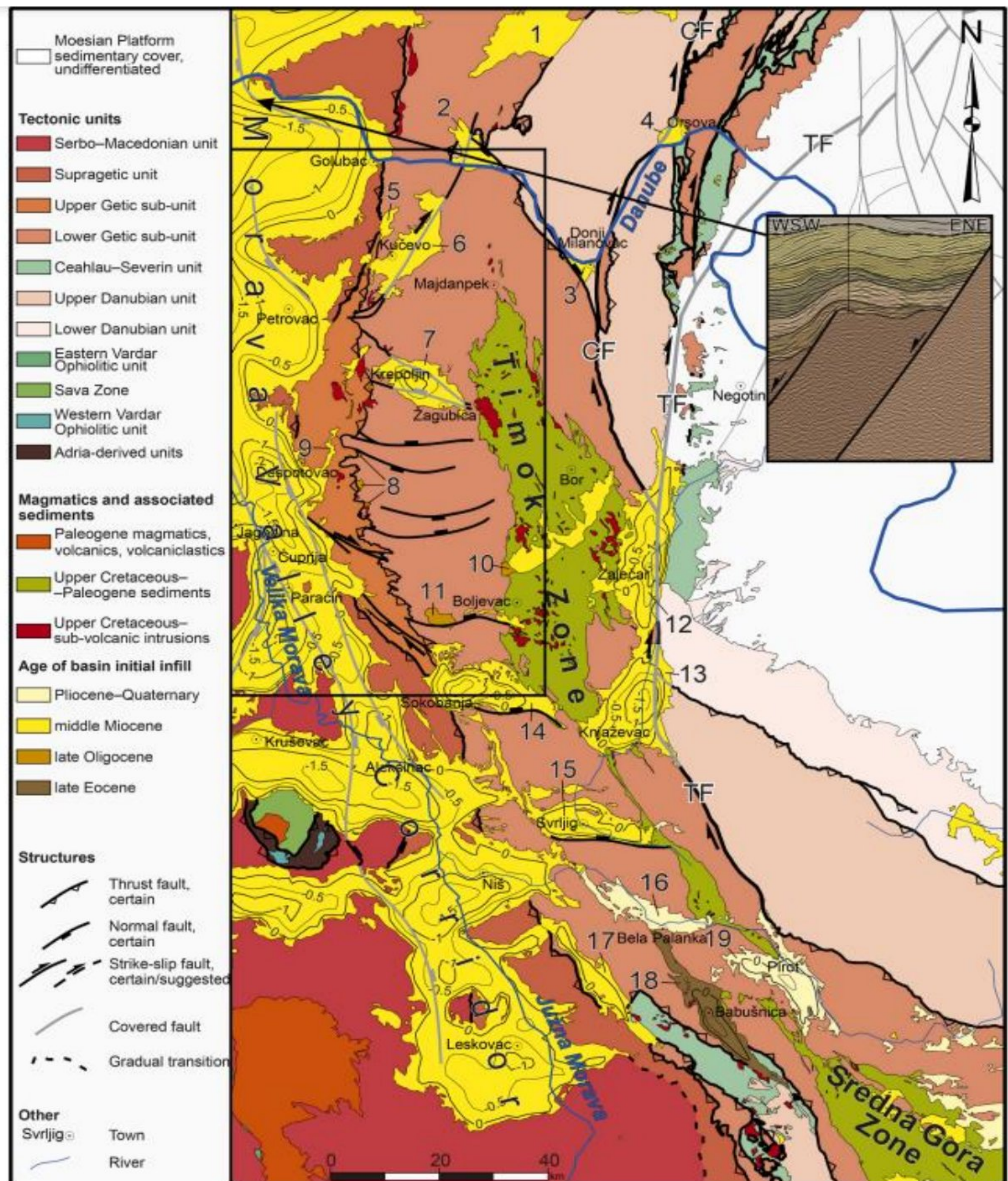


Slika 25. Geološka karta Karpato-Balkanskog orogena, pokazuje glavne tektonske jedinice i pojave gornjokrednih magmatskih stena i sedimentnih basenagrupisanih u pet segmenata ABTS pojasa. To su od SZ do JI segmenti Apuseni, Banat, Timok, Panagyurishte, i Istočno Srednjejorje. Crvene trake su referentnelinije koje aproksimiraju današnju orijentaciju fronta luka u sakom od pet segmenata na osnovu geohronoloških podataka izvedenih u ovoj i prethodnim studijama. MF-Marički rasedni sistem i TF-timočki rased su glavne poprečne strukture koje se koriste za razdvajanje segmenata (Gallhofer et al., 2015).

Alternativno, nastajanje ABTS magmatskog pojasa može se tumačiti kao rezultat subdukcije Čelau-Severin okeana (Neubauer, 2015).

U timočkoj zoni (Slika 26) i dalje ka JI u jedinici Srednjejorje u Bugarskoj, ove tipično lučno-alkalne magme bile su smeštene kao magmatkse intruzije, vulkanske lave i vulkanoklastične sekvence u brojnim ekstenzionim strukturama, dok magmatizam postaje mlađi u zaleđu. Početak ovog proširenja bio je istovremen sa formiranjem ekstenzionog ispredlučnog basena koji je prekrivao Evropsku marginu uz ivicu Sava zone (Toljić et al., 2018).





Slika 26. Tektonska karta Srpskih Karpata i susednih oblasti južnih Karpata i Balkanida sa prikazom regionalne kinematike raseda. Izolinije u basenima kenozoika ukazuju na prekenozojsku strukturu bezjzmenta.

Ekstenzioni detačment paralelan orogenu formiran je tokom paleocena-eocena u Južnim Karpatima. Nastao je reaktivacijom navlake Getske jedinice i eshumacijom Dunavskog navlačnog lista u podinskom delu. Ova struktura nastavljena je aktiviranjem raseda Černa tokom oligocena i kretanjima tokom ranoog miocena duž Timočkog rasednog sistema. Aktivnost duž ovih transkurentnih raseda je delimično



istovetna sa drugim, miocenskim događajem izdizanja koji je bio povezan sa malom veličinom vertikalnih pomeranja (Moser et al., 2005). Oligocensko-miocenska ekstenzija i transkurentni rasedi povezani su sa formiranjem značajnog broja ekstenzionih basena (Slika 26).



## 6. INTERNE TEKTONSKE KARAKTERISTIKE ISTAŽIVANOG TERENA

Fokus terenskog strukturnog dela istaživanja bio je fokusiran na kontakte jurskih i krednih tvorevina gde je i izvršen najveći broj merenja. Mali deo merenja baziran je i u starijim jedinicama koje su rasprostranjene u neposrednoj blizini terena, a koje se uglavnom nalaze u kambrijumskim škriljcima. Posmatrajući OGK lista Bor, i stajne tačke može se uočiti da je maršruta postavljena tako da preseca glavne kontakte između jure i krede, i generalnog je pružanja SZ-JI (Slika 27).

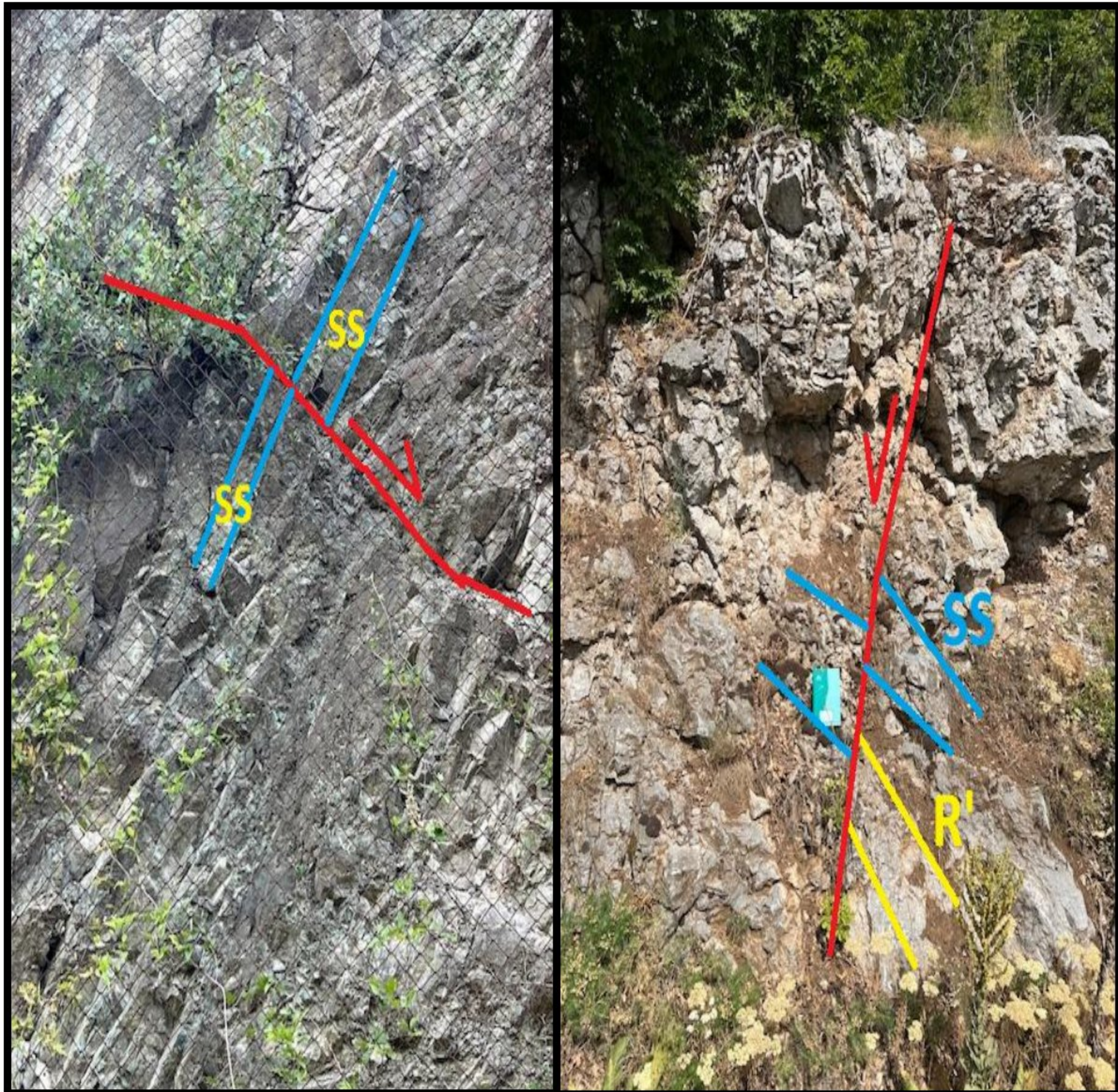


*Slika 27. Maršrute sa stajnim tačlana*

Merene deformacije su iz britl domena, i uglavnom su opservirani i mereni gravitacioni rasedi (Slika 28) koji su najčešći u okviru ovog prostora. Retko se



pojavljuju i reversni rasedi koji su oglavnom opservirani u starijim jedinicama, odnosno najčešće u tvorevinama paleozoika.

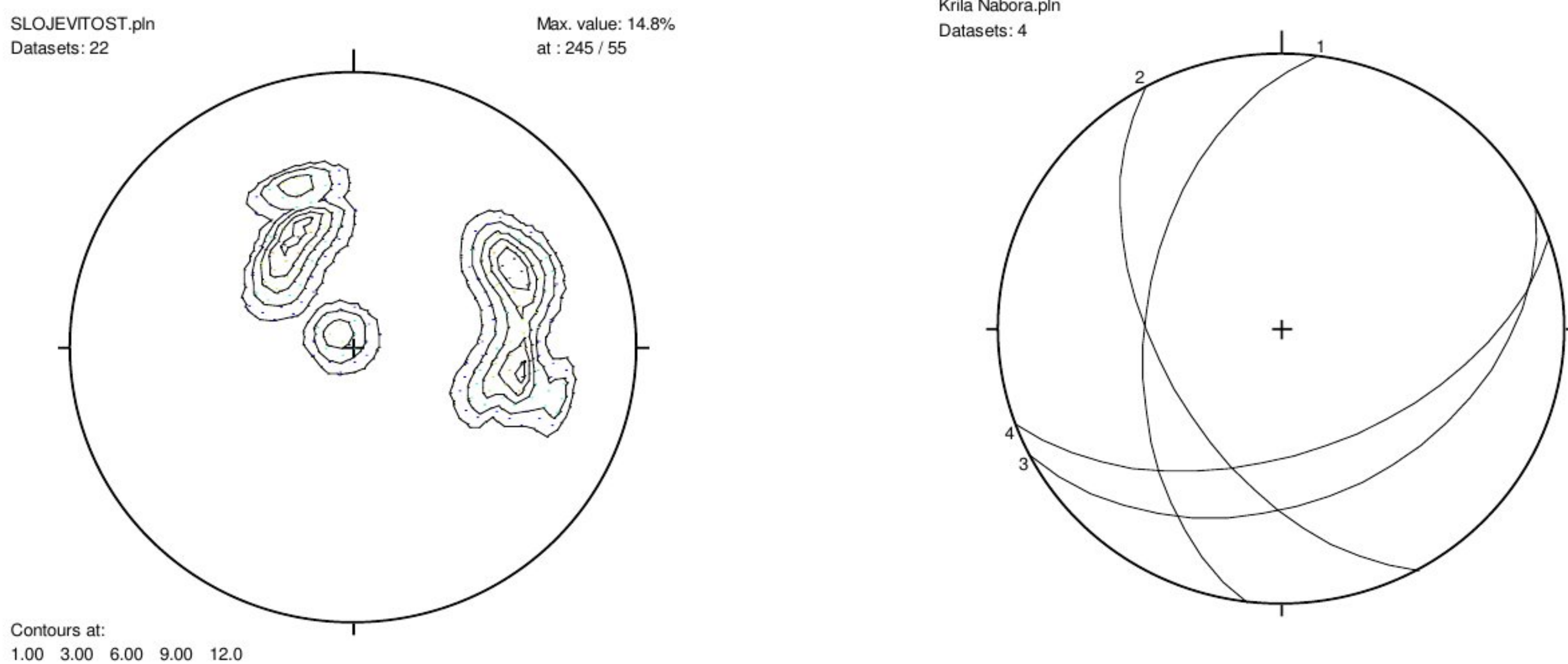


*Slika 28. Primer opserviranih gravitacionih raseda na terenu, i indikatori njihovog kretanja*

Glavni idikatori kretanja koji su uočeni i mereni jesu „a“ lineacija; (Slika 30); „b“ lineacija, ridlove ravni kao i kretanje koje je sigurno utvrđeno na osnovu pomeranja jednom od slojeva.

Osim rasednih struktura, merene su i naborne strukture, odnosno slojevitost u okviru krednih i jurskih tvorevina. Podaci su prikazano i vidu konturnog dijagram (Slika 29).





Slika 30. a-Konturni dijagram slojevitosti jurskih i krednih tvorevina;b-Krila nabora

Na dijagramu se mogu uočiti dva maksimuma sa elementima Ep 270/50 i 241/54 koja markiraju poziciju krila nabora. Na osnovu pozicije krila nabora radi se o izoklinom, naboru. Na dijagramu se može uočiti još jedna grupacija slojevitosti, koja ukazuje na jedan maksimum i jedan submaksimum koji markiraju krila drugog nabora sa elementima Ep 153/38 i 160/53. Pozicije krila ovih nabora takođe u kazuju na izoklini tip nabora.

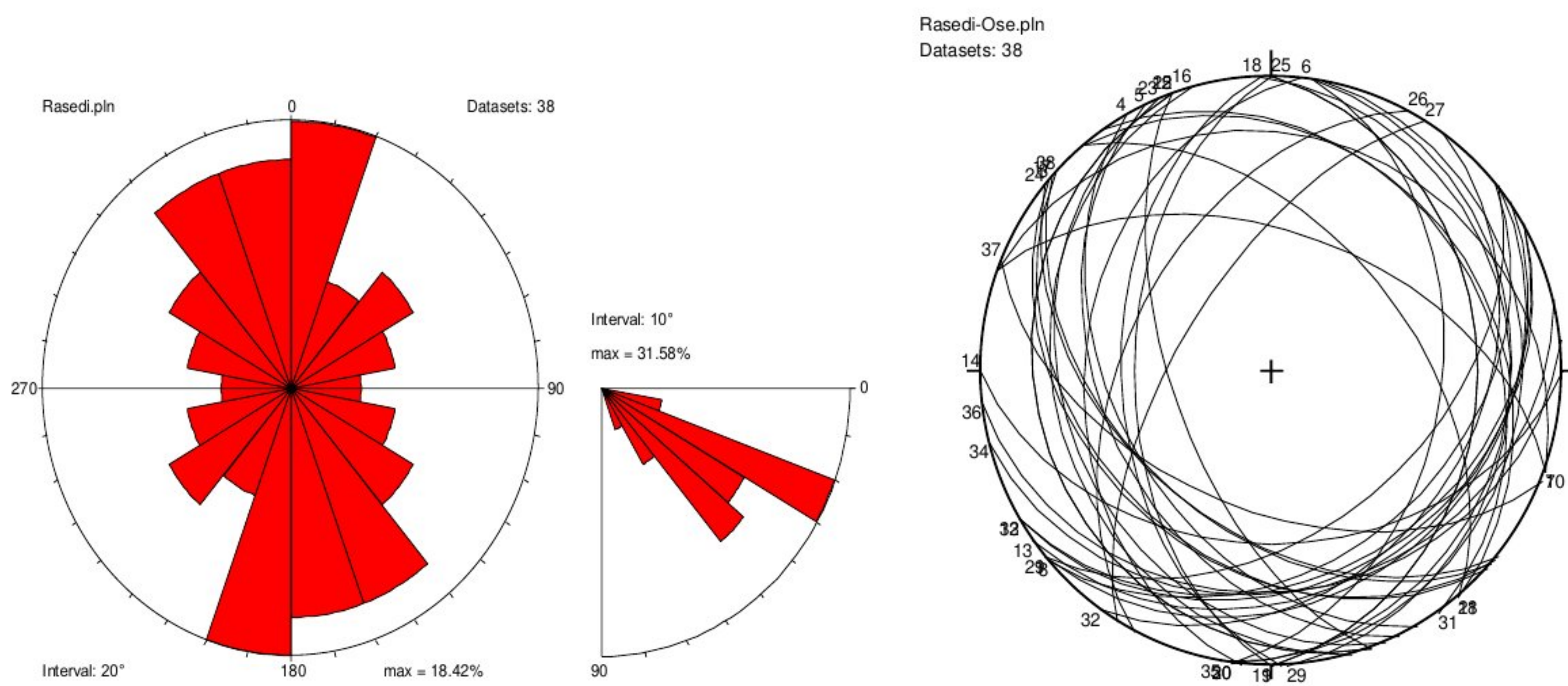
Nabori čija krila markiraju pozicije 270/50 i 241/54, a uzimajući u obzir da su mereni uglavnom u okviru krednih sedimenata i da nisu uočeni u okviru metarskih veličina pripadaju naborima koje je (Toljić 2016) izdvojio tokom sovje terenske opservacije ovog dela terena. Po (Toljiću 2016) ovi nabori su više puta ubrani, a prvi put su ubrani tokom primarnog formiranja navlačno-nabornih paketa tokom gornje krede, a drugi put tokom neogena, kada je došlo do reaktivizacije svih značajnih navlaka u Istočnoj Srbiji, pa i prenabiranja već postojećeg nabornog sklopa.

Prikupljeni podaci o rasednim strukturama statistički su obrađeni i prikazani u vidu rozeta i konturnih dijagrama.(Slika 31) Zbog statističke količine raseda, u obiz su uzeti i predstavljeni samo gravitacioni rasedi (Slika 32). Razlog je jer su reversni na ovom delu područja veoma retko uočeni i mereni.



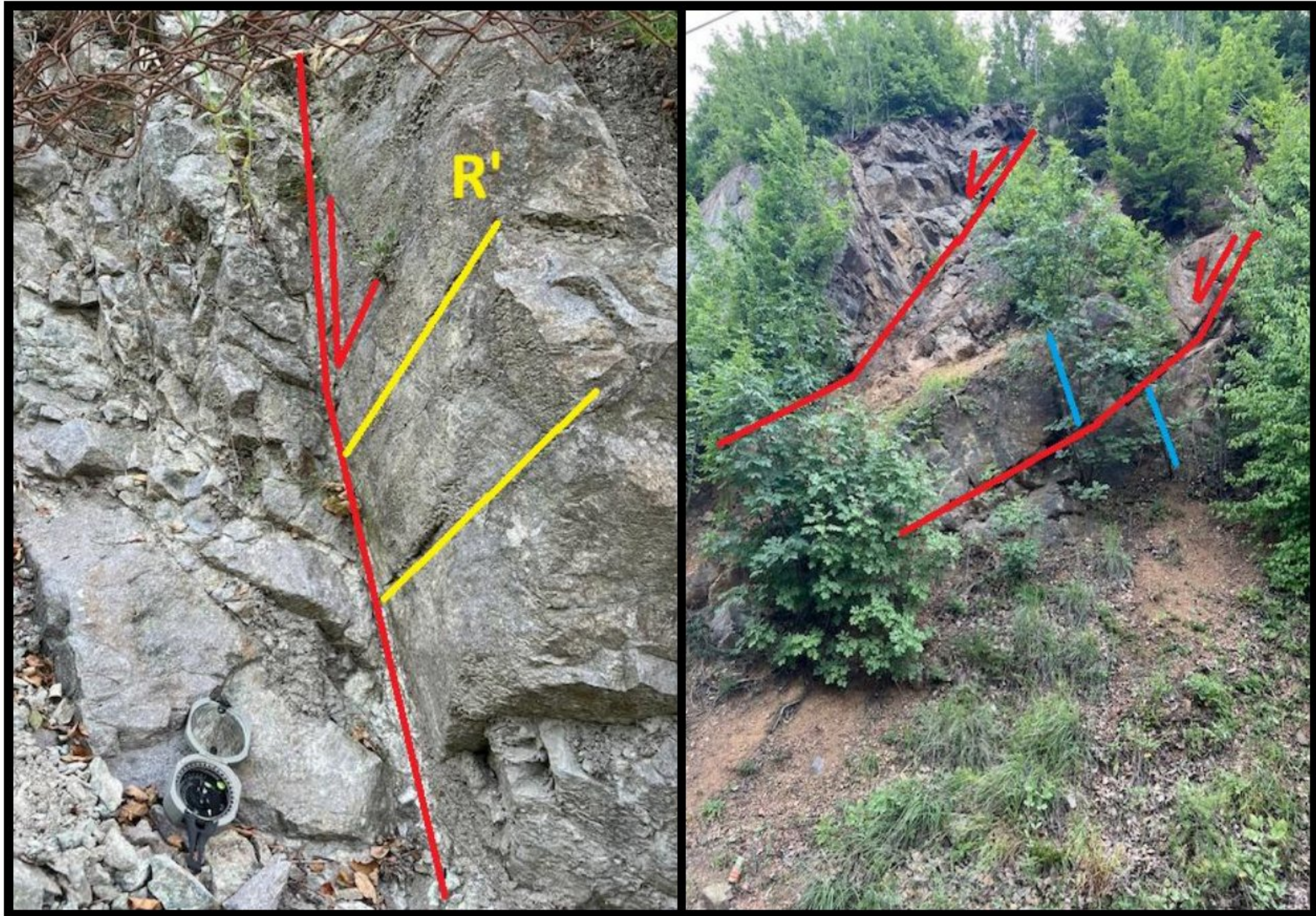


Slika 29. Primer „a“ i „b“ lineacije kao indikatora kretanja koji su opservirani na terenu



Slika 31. Rozeta pružanja gravitacionih raseda





*Slika 32. Primer gravitacionih raseda opserviranih na terenu*

Na rozeti pružanja gravitacionih raseda merenih u okviru krednih i jurskih tvorevina može se uočiti jedan dominantan maksimum sa pravcem pružanja SI-JZ, i dva submaksimuma sa pružanjem u pravcu SZ-JI. Južni deo i centralni deo Borskog raseda koji predstavlja jednu od markatnih struktura u okviru ovog područja u planu ima slično pružanje u pravcu SSZ-JJI.

Na osnovu ovoga se može zaključiti da se radi o deformacionom događaju koji je imao dva raseda, po kojima su se razvijala gravitaciona kretanja. Prema deformacionim događajima koje je izdvojio Toljić 2016. Ovi rasedi se mogu svrstati u deforamcioni događaj D2.



## 7.ZAKLJUČAK

U okviru Timočke eruptivne oblasti za potrebe ovog rada, vršena su terenska i laboratoriska istraživanja koja su za cilj imala razumevanje i interpretaciju litoloških i tektonskih odnosa u okviru ovog područja. Podaci su, upoređivani i kombinovani sa recentnim radovima koji su vezani za ovo područje, radi boljeg razumevanja i interpretacije.

Sa litološkog aspekta u izgradnji istraživanog područja, kao najstarije tvorevine učestvuju paleozojske stene, uglavnom škriljci. Osim njih, razvijeni su deponati kredne i jurske starosti, iz kojih se merio najveći broj strukturnih podataka. Na ne tako zanemarljivom prostoru, ali koje nisu u velikoj meri bile predmet ovog rada, razvijene su i najmlađe tvorevine ovog prostora, koje stratigrafski pripadaju miocenu. Može se zaključiti da je teren heterogene građe, prisutne su stene različite starosti, i kao takav ima generalno složenu geološku građu.

Na ovom prostoru razvijen je jedan od većih Variscijskih plutona, koji nosi naziv Gornjane. Položaj mu je lociran duž najistočnijeg dela getske jedinice, zbog metamorfnih promena koje je izazvao u okolnim stenama, kao takav može biti zanimljiv iz perspective prospekcije mineralnih sirovina.

Intenzivna tektonska aktivnost vezuje se za period stvaranja gornjokrednih sedimenata na ovom prostoru, a prati je velika vulkanska aktivnost, koja i stvara Timočki magmatski kompleks (TMK).

Mogu se izdvojiti tri faze vulkanske aktivnosti, kao i produkti intruzivne magmatske aktivnosti, produkti intenzivne hidrotermalne alteracije i različite kontaktno metasomatski izmenjene stene. Magmatizam je bio aktuelan u razdoblju od ~89 do ~77 miliona godina.

Neogene tvorevine su uglavnom predstavljene različitim tipovima peščara, šljunkova, peskova i peskovitih glina, odnosno sačinjeni su od materijala koji je nošen sa okolnih obodnih terena. U njima se mogu naći bogati ostaci fosilne faune.

Sa aspekta tektonike ovo područje pripada krupnoj tektonskoj jedinici Karpatobalkanidima. Timočka eruptivna oblast je nastala u zaleđu subdukcione zone



Neotetisa, kao domen zahvaćen ekstenzijom u gornjoj kredi. Kasnije je područje prošlo kroz složenu kompresiono-ekstenzionu evoluciju.

U okviru istraživanog područja razvijene su brojne lokalne rasedne strukture od kojih su najbrojniji bili gravitacioni rasedi. Na osnovu statističke analize, razlikujemo dva pravca pružanja ovih gravitacionih raseda. a koji se kao takvi mogu svrstati u deformacionu fazu D2.

Analizom slojevitosti u okviru jurskih i krednih sedimenata može se zaključiti da se radi o regionalnim naborima koji su izoklinog tipa.



## 8. LITERATURA

- Antonijević I., Kalenić M., Đorđević M., Lončarević Č., Čičulić M., Škuletić T., 1976. *Osnovna geološka karta 1:100000*, list Bor, Savezni geološki zavod, Beograd.
- Antonijević I., 1964. Stratigrafija i tektonika Golog Krša i Stola u istočnoj Srbiji. *Doktorska disertacija, Beograd*
- Bucur I., Sudar M., Schlagintweit F., Ples G., Sasaran E., Jovanović D., Polavder S., Radoičić R., 2020. Lowermost Cretaceous limestones from the Kucaj zone (Carpatho-Balkanides, Eastern Serbia): new data on their age assignment. *Cretaceous Research 116*
- Bucur I., Jovanović D., Sudar M., Mircescui C., 2021. Lower cretaceous carbonate deposits from the Drezna borehole (Carpatho-Balkanides, eastern Serbia) and remarks on some Dasycladalean algae. *Acta Palaeontologica Romaniae v.17, p 3-14*
- Banješević M., 2010. Upper Cretaceous magmatic suites of the Timok Magmatic Complex. *Geološki anali balkanskog poluostrva, Beograd p 13-22*
- Gallhofer D., Quadt A., Peytcheva I., Schmid S., A. Heinrich C., 2015, *American Geophysical Union, Tectonic 34, 1813-1836*
- Kraunter H.G., Krstić B., 2002. Alpine and pre-alpine structural units within the southern Carpathians and the Eastern Balkanides. *Geologica Carpathica*
- Krstekanić N., Matenco L., Toljić M., Mandić O., Stojadinović U., Willingshofer E., 2020. Understanding partitioning of deformation in highly arcuate orogenic system: Inferences from the evolution of the Serbian Carpathians. *Global and Planetary Change v 195*
- Krstekanić N., Stojadinović U., Kostić B., Toljić M., 2017. Internal structure of the Supra-geletic Unit basement in the Serbian Carpathians and its significance for the late Early Cretaceous nappe-stacking. *Geološki anali balkanskog poluostrva, Beograd p 1-15*
- Marović, M., 2005. Geologija Jugoslavije. Posebna izdanja Geoinstituta. Beograd.
- M. Liviu., 2017. Tectonics and Exhumation of Romanian Carpathians:



Inferences from Kinematic and Thermochronological Studies.  
*Landform Dynamics and Evolution in Romania, Springer  
Geography*

- Neubauer F., 2015. Cretaceous tectonics in Eastern Alps, Carpathians and Dinarides: two-step microplate collision Andean-type magmatic arc associated with orogenic collapse. *Rend. Online Soc. Geol., V 34, p 37, 40-43*
- Schmid, S., Bernoulli, D., Fügenschuh, B., Matenco, L., Schefer, S., Schuster, R., Tischler, M., Ustaszewski, K., 2008. The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units. *Swiss Journal of Geosciences 101, 139-183.*
- Schmid, S.M., Fügenschuh, B., Kounov, A., Matenco, L., Nievergelt, P., Oberhänsli, R., Pleuger, J., Schefer, S., Schuster, R., Tomljenović, B., Ustaszewski, K., van Hinsbergen, D.J.J., 2020. Tectonic units of the Alpine collision zone between Eastern Alps and western Turkey. *Gondwana Res. 78, 308–374*
- Sudar M., Jovanović D., 2008. Late Barremian-Early Aptian Urgonian Limestones from the south-eastern Kučaj Mountains (Carpatho-Balkanides Eastern Serbia). *Geološki anali balkanskog poluostrva, Beograd p 13-30*
- Stojadinović U., Matenco L., Andriessen P., Toljić M., Rundić Lj., Ducea M., 2016. Structure and provenance of Late Cretaceous-Miocene sediments located near the NE Dinarides margin: Inferences from kinematics of orogenic building and subsequent extensional collapse. *Tectonophysics*
- Stojadinovic, U., Matenco, L., Andriessen, P.A.M., Toljić M., Foeken, J.P.T., 2013. The balance between orogenic building and subsequent extension during the Tertiary evolution of the NE Dinarides: Constraints from low-temperature thermochronology. *Glob. Planet. Chang. 103, 19–38*
- Toljić M., 2016. Izveštaj o proučavanjima tektonskog sklopa područja Čukaru Peki (južno od Bora), Stručni fond „Rakita Exploration d.o.o“, Bor.



- Toljić M., Matenco, L., Stojadinović, U., Willingshofer, E., Ljubović Obradović D., 2018. Understanding fossil fore-arc basins: Inferences from the Cretaceous Adria-Europe convergence in the NE Dinarides. *Glob. Planet. Chang.* 171, 167–184.
- van Hinsbergen, D.J.J., Dupont-Nivet, G., Nakov, R., Oud, K., Panaiotu, C., 2008. No significant post-Eocene rotation of the Moesian Platform and Rhodope (Bulgaria): implications for the kinematic evolution of the Carpathian and Aegean arcs. *Earth Planet. Sci. Lett.* 273, 345–358



## ИЗЈАВА О АУТОРСТВУ ЗАВРШНОГ РАДА

Име и презиме студента Stefan Zujic

Број индекса G607-22

### Изјављујем

да је завршни рад под насловом

TEKTONSKA EVOLUCIJA ISTOČNE PERIFERIJE TIMOČKE ERUPTIVNE OBLASTI

- резултат сопственог истраживачког рада;
- да завршни рад у целини ни у деловима није био предложен за стицање друге дипломе на студијским програмима Рударско-геолошког факултета или других високошколских установа;
- да су резултати коректно наведени и
- да нисам кршио/ла ауторска права и користио/ла интелектуалну својину других лица.

У Београду, 9/25/2024

Потпис студента

S. Zujic



**ИЗЈАВА**  
**О ИСТОВЕТНОСТИ ШТАМПАНЕ И ЕЛЕКТРОНСКЕ ВЕРЗИЈЕ**  
**ЗАВРШНОГ РАДА**

Име (име родитеља) и презиме студента Stefan Rajko Zujic

Број индекса G607/22

Студијски програм Regionalna geologija

Наслов рада ТЕКТОНСКА EVOLUCIJA ISTOČNE PERIFERIJE TIMOČKE ERUPTIVNE  
OBLASTI


Ментор dr. Marinko Toljić, redovni profesor

Изјављујем да је штампана верзија мог завршног рада истоветна електронској верзији коју сам предао/ла ради одлагања у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета.

Дозвољавам да се објаве моји лични подаци везани за добијање академског звања, као што су име и презиме, година и место рођења и датум одбране рада.

Ови лични подаци могу се објавити у електронском каталогу и у публикацијама Рударско-геолошког факултета.

У Београду, 9/25/2024

**Потпис студента**  
  
\_\_\_\_\_



## ИЗЈАВА О КОРИШЋЕЊУ ЗАВРШНОГ РАДА

Овлашћујем библиотеку Рударско-геолошког факултета да у Дигитални репозиторијум унесе мој завршни рад под насловом:

TEKTONSKA EVOLUCIJA ISTOČNE PERIFERIJE TI MOČKE ERUPTIVNE OBLASTI

---

---

који је моје ауторско дело.

Завршни рад са свим прилозима предао/ла сам у електронском формату погодном за трајно архивирање.

Мој завршни рад одложен у Дигиталном репозиторијуму Рударско-геолошког факултета је (заокружити једну од две опције):

I. редуковано доступан кроз наслов завршног рада и резиме рада са кључним речима;

II. јавно доступан у отвореном приступу, тако да га могу користити сви који поштују одредбе садржане у одабраном типу лиценце Креативне заједнице (Creative Commons) за коју сам се уз сагласност ментора одлучио/ла.

1. Ауторство (CC BY)

2. Ауторство – некомерцијално (CC BY-NC)

3. Ауторство – некомерцијално – без прерада (CC BY-NC-ND)

4. Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима (CC BY-NC-SA)

5. Ауторство – без прерада (CC BY-ND)

6. Ауторство – делити под истим условима (CC BY-SA)

*(Заокружите само једну од шест понуђених лиценци. Кратак опис лиценци је саставни део ове изјаве.)*

У Београду, 9/25/2024

**Потпис ментора**

---

**Потпис студента**

S. ZUJIC

---



1. **Ауторство.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце, чак и у комерцијалне сврхе. Ово је најслободнија од свих лиценци.
  2. **Ауторство – некомерцијално.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела.
  3. **Ауторство – некомерцијално – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела. У односу на све остале лиценце, овом лиценцом се ограничава највећи обим права коришћења дела.
  4. **Ауторство – некомерцијално – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца не дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада.
  5. **Ауторство – без прерада.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, без промена, преобликовања или употребе дела у свом делу, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела.
  6. **Ауторство – делити под истим условима.** Дозвољаваате умножавање, дистрибуцију и јавно саопштавање дела, и прераде, ако се наведе име аутора на начин одређен од стране аутора или даваоца лиценце и ако се прерада дистрибуира под истом или сличном лиценцом. Ова лиценца дозвољава комерцијалну употребу дела и прерада. Слична је софтверским лиценцама, односно лиценцама отвореног кода.
-