

# Strukturalna analiza mezozojskih i kenozojskih deformacijskih struktura na području zapadnog Papuka

---

Vukovski, Matija

Master's thesis / Diplomski rad

2019

Degree Grantor / Ustanova koja je dodijelila akademski / stručni stupanj: **University of Zagreb, Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering / Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet**

Permanent link / Trajna poveznica: <https://urn.nsk.hr/urn:nbn:hr:169:719248>

Rights / Prava: [In copyright](#) / [Zaštićeno autorskim pravom](#).

Download date / Datum preuzimanja: **2025-03-25**



Repository / Repozitorij:

[Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering Repository, University of Zagreb](#)



SVEUČILIŠTE U ZAGREBU  
RUDARSKO-GEOLOŠKI-NAFTNI FAKULTET

Diplomski studij geologije

STRUKTURNA ANALIZA MEZOZOJSKIH I  
KENOZOJSKIH DEFORMACIJSKIH STRUKTURA NA  
PODRUČJU ZAPADNOG PAPUKA

Diplomski rad

Matija Vukovski

G 289

Zagreb, 2019.

*Zahvaljujem se, prije svega, svom mentoru prof. dr. sc. Bruni Tomljenoviću na svestranoj pomoći, stručnim savjetima i kritikama te na mnogo uloženog vremena prilikom izrade ovog rada. Još jednom veliko hvala na potpori i povjerenju te prilikama koje ste mi pružili i tijekom ranijih godina studija.*

*Veliko hvala i prof. dr. sc. Darku Tibljašu na uloženom vremenu i velikom trudu te pomoći oko prikupljanja uzoraka, njihove pripreme i korisnim stručnim savjetima.*

*Zahvaljujem se dr. sc. Vlasti Premec Fuček na biostratigrafskim analizama mikrofosilnih zajednica sarmata i gornjeg badena, kao i Mariu Matoševiću, dipl. ing., na snimljenim mikrofotografijama odabranih fosila. Također se zahvaljujem INA-industriji nafte d.d., Istraživanje stijena i fluida, na suradnji i potpori ovome radu.*

*Prilikom izrade ovog diplomskog rada, pomoć oko izrade mikroskopskih preparata i pripreme pojedinih uzoraka pružili su mi djelatnici Zavoda za mineralogiju, petrologiju i mineralne sirovine Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta, gđa. Branka Prša, gosp. Mario Valent, gosp. Vinko Baranašić i dr. sc. Michaela Hrušková - Hasan te im se za to iskreno zahvaljujem.*

*Hvala mag geol. Davidu Rukavini na pristupačnosti i pomoći oko interpretacije refleksijskih seizmičkih profila.*

*Hvala doc. dr. sc. Duji Smirčiću i mag. geol. Šimi Biliću na brojnim savjetima i moralnoj podršci u trenucima kada je zafalilo motivacije.*

*Hvala mojim profesorima iz srednje škole, Tatjani Horvat, Danku Antunoviću, Mirku Hećimoviću. Oni su prvi u meni prepoznali žar za geologijom i dodatno ga rasplamsali. Posebno hvala profesoru Josipu Završkom koji me savjetovao da upišem RGN fakultet, nisam pogriješio.*

*Veliko hvala mojim dobrim prijateljima Ani Kamenski i Stipi Vickoviću na pomoći oko nekih grafičkih priloga kao i prijatelju Kristijanu Rajiću na društvu tijekom terenskih istraživanja, motivaciji i drugom mišljenju – dvije glave su pametnije od jedne!*

*Mojim Vukovskima iz Primorske, a posebno stricu i strini, ne znam jeste li svjesni, ali bez vas cijeli terenski rad ne bi bio ostvaren ni upola koliko jest. Najveća vam hvala za sve!*

*Veliko hvala mojim roditeljima na ljubavi, brizi i svakom obliku podrške koju su mi konstantno pružali!*

*Mihaela, hvala na razumijevanju, smijehu i suzama, podršci, motivaciji... ljubavi. Bez tebe ja ne bi bio ovdje gdje sam sad, bez tebe ja ne bi bio ja.*

*Hvala dragom Bogu!*

## STRUKTURNA ANALIZA MEZOZOJSKIH I KENOZOJSKIH DEFORMACIJSKIH STRUKTURA NA PODRUČJU ZAPADNOG PAPUKA

MATIJA VUKOVSKI

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

### Sažetak

Strukturalno-geološka istraživanja načinjena u okviru ovog diplomskog rada su obuhvatila područje zapadnog Papuka između naselja Voćin, Kamenska, Pakrac i Daruvar. To je područje izgrađeno većinom od predmezozojskih magmatskih i metamorfnih stijena. Permsko-mezozojski klastični i karbonatni sedimenti izgrađuju krajnje zapadne te djelomično sjeverne obronke ovog dijela Papuka, a neogenske naslage Panonskog bazena gotovo isključivo njegove rubne dijelove, uz manje lokalne pojave u središnjem djelu. Strukturna analiza mezozojskih i kenozojskih deformacijskih struktura provedena je s ciljem definiranja njihovih tipova, opisa njihovim morfološkim značajki, orijentacije i prostornog rasporeda te i njihova pridruživanja odgovarajućim deformacijskim događajima. Megaskopske prebačene bore u permsko-mezozojskim naslagama determinirane su kao strukture nastale za vrijeme kasnokrednog do paleogenskog kompresijskog događaja (D1). Njihova izvorno sjeveroistočna vergencija interpretirana je kao posljedica deformacija nastalih na gornjoj ploči tijekom završnog stadija u fazi kolizije između Jadranske ploče (donja ploča) i Tisije (gornja ploča) u Savskoj suturnoj zoni. U kasnijem tektonskom razvoju za vrijeme miocena, tijekom lateralne ekstruzije i rotacije Tisija-Dacija tektonskog mega-bloka u smjeru kazaljke na satu, ove strukture su najvjerojatnije također zarotirane za oko 40° u smjeru kazaljke na satu pa su na taj način dovedene u približno današnji položaj s pružanjem S – J. Megaskopske bore i kogenetski reversni rasjedi sjeverne vergencije i pružanja I – Z kojim su deformirane neogenske naslage, u ovom su radu interpretirani kao deformacijske strukture nastale u kompresijskoj fazi bazenske inverzije (D2), a za koju se pretpostavlja da je započela na prijelazu neogena u pliocen i kvartar. Ova deformacijska faza zahvatila je i već ranije borane permsko-mezozojske stijene u zapadnom dijelu Papuka, tako da su one dvostruko borane. Interpretirani 2D refleksijski seizmički profili potvrđuju postojanje kasnomiocenske do recentne kompresijske tektonike koja se odražava u boranim i rasjednutim naslagama miocena i plio-kvartara na sjevernom i na zapadnom rubu Papuka, ali također i ukazuju na ekstenzijsku deformacijsku fazu aktivnu u vrijeme starijeg miocena.

**Ključne riječi:** strukturalna analiza, kolizija, dvostruko boranje, orogen bilateralne simetrije, Tisija, Papuk

**Završni rad sadrži:** 69 stranica, 39 slika, 81 reference, 3 table i 3 priloga

**Jezik izvornika:** hrvatski

**Rad je pohranjen u:** knjižnica Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta

**Mentor:** Prof. dr. sc. Bruno Tomljenović

**Ocjenjivači:** Prof. dr. sc. Bruno Tomljenović, RGNF

Prof. dr. sc. Davor Pavelić, RGNF

Prof. dr. sc. Darko Tibljaš, PMF

**Datum obrane:** 20. rujna 2019.



## **STRUCTURAL ANALYSIS OF MESOZOIC AND CENOZOIC DEFORMATIONAL STRUCTURES IN WESTERN PART OF PAPUK MT.**

MATIJA VUKOVSKI

**Thesis completed at:** University of Zagreb  
Faculty of Mining, Geology and Petroleum Engineering  
Department of Geology and Geological engineering  
Pierottijeva 6, 10000 Zagreb

### **Abstract**

Structural-geological investigations of this diploma thesis cover the area of the western Papuk Mt. between Voćin, Kamenska, Pakrac and Daruvar settlements. This area is built mostly of pre-Mesozoic magmatic and metamorphic rocks. Permian-Mesozoic clastic and carbonate sediments cover the westernmost and partly the northern slope of this part of the Papuk Mt., while the Neogene deposits of the Pannonian Basin almost exclusively built up its marginal parts, with only minor and local occurrences in the central part. Structural analysis of Mesozoic and Cenozoic deformational structures was done with the aim of defining their types, describing their morphological features, orientation and spatial distribution, as well as to attribute their genesis with particular deformation events. Megascopic overturned folds in Permian-Mesozoic deposits were determined as structures formed during the Late Cretaceous to Paleogene compressional event (D1). Their original northeastern vergence was interpreted as related to the backthrust propagation within the Tisza mega-block (upper plate) during the final collision with the Adria (lower plate) in the Sava Suture Zone. During the Miocene lateral extrusion and clockwise rotation of Tisa-Dacia tectonic mega-block, these structures are most likely also rotated by c. 40° in a clockwise sense and thus brought to approximately present-day position and the N – S strike. Megascopic E – W striking folds and cogenetic reverse faults with the northern vergence that are documented to deform Neogene deposits were interpreted in this thesis as deformational structures formed during the compression phase of the Pannonian basin inversion (D2), assumed to start in latest Neogene to earliest Pliocene time. This deformation phase also affected previously folded Permian-Mesozoic rocks in the westernmost part of the Papuk Mt., which resulted in superposed folding in these rocks. Interpreted 2D reflection seismic sections confirm the existence of the Late Miocene to recent compressional tectonics, which is reflected in folded and faulted upper Miocene and Quaternary deposits at the northern and western margins of the Papuk Mt., but also indicate the extensional deformation phase active during the Early Miocene.

**Key words:** structural analysis, collision, superposed folding, double vergent orogen, Tisza, Papuk

**Thesis contains:** 69 pages, 39 figures, 81 references, 3 tables and 3 enclosures

**Original in:** Croatian

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

**Supervisor:** PhD Bruno Tomljenović, Full Professor

**Reviewers:** PhD Bruno Tomljenović, Full Professor

PhD Davor Pavelić, Full Professor

PhD Darko Tibljaš, Full Professor

**Date of defense:** September 20, 2019.

# SADRŽAJ

1.	UVOD	
2.	GEOGRAFSKE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG TERENA.....	3
3.	PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA.....	5
4.	GEOLOŠKE ZNAČAJKE.....	8
4.1.	Regionalni geološki odnosi .....	8
4.2.	Geologija istraživanog područja.....	12
5.	METODE RADA .....	18
5.1.	Terenski rad i metode.....	18
5.2.	Kabinetski rad i metode .....	19
5.2.1.	Interpretacija 2D seizmičkih profila.....	19
5.2.2.	„Kristalinitet“ illita i klorita.....	21
5.2.3.	Izrada geološke karte .....	23
5.2.4.	Metoda polarizacijske mikroskopije.....	23
5.2.5.	Biostratigrafska analiza na uzorcima miocenskih naslaga.....	23
6.	REZULTATI ISTRAŽIVANJA .....	25
6.1.	Strukturna analiza u stijenama predmezozojske kristalinske podloge .....	26
6.1.1.	D <sub>0</sub> – Sinmetamorfne, predmezozojske deformacijske strukture.....	26
6.2.	Strukturna analiza kasnokrednih i paleogenskih struktura zapadnog Papuka .....	28
6.2.1.	D <sub>1</sub> – kasnokredne i paleogenske deformacijske strukture zapadnog Papuka..	29
6.3.	Strukturna analiza neogenskih i plio-kvartarnih struktura zapadnog Papuka.....	36
6.3.1.	D <sub>2</sub> – kasno miocenske i plio-kvartarne deformacijske strukture.....	36
6.4.	Strukturne značajke na reprezentativnim 2D refleksijskim seizmičkim profilima..	41
6.4.1.	Refleksijski seizmički profil DAR-9V-92.....	42
6.4.2.	Refleksijski seizmički profil DAR-10V-92.....	43
6.4.3.	Refleksijski seizmički profil DAR-10V-94.....	44
6.5.	Opis konstruiranih geoloških profila .....	46
6.5.1.	Geološki profil 1 – 1'.....	46
6.5.2.	Geološki profil 2 – 2'.....	48
6.5.3.	Geološki profil 3 – 3'.....	51
6.6.	Mikropaleontološka analiza uzoraka.....	53
6.6.1.	Uzorak MV-26 .....	53

6.6.2. Uzorak MV-27 .....	54
6.6.3. Uzorak MV-33 .....	54
7. DISKUSIJA .....	55
7.1. Geneza D1 struktura .....	55
7.2. Geneza D2 struktura .....	59
7.3. Model dvostrukog boranja.....	60
8. ZAKLJUČAK .....	62
9. REFERENCE.....	63

## Popis slika:

<b>Slika 2-1</b>	Geografski položaj istraživnog područja	4
<b>Slika 4-1</b>	Glavne tektonske jedinice šireg regionalnog područja	8
<b>Slika 4-2</b>	Shematski profili kroz alpsko-dinaridsko karpatski orogenski sustav	9
<b>Slika 4-3</b>	Shematski profili kroz alpsko-dinaridsko karpatski orogenski sustav	10
<b>Slika 4-4</b>	Geodinamski model istočnih Alpa, PBS-a i Karpata	11
<b>Slika 4-5</b>	Litostratigrafski razvoj permsko-mezozojskih naslaga	15
<b>Slika 5-1</b>	Litostratigrafski razvoj neogenskih naslaga Dravske depresije	20
<b>Slika 5-2</b>	Klasifikacijski dijagram kristaliniteta illita	21
<b>Slika 5-3</b>	Geološka karta s lokalitetima uzorkovanja za analizu kristaliniteta klina	22
<b>Slika 6-1</b>	Deformacijske strukture u stijenama predmezozojske kristalinske podloge	26
<b>Slika 6-2</b>	Deformacijske strukture u stijenama predmezozojske kristalinske podloge	27
<b>Slika 6-3</b>	Mikrofotografije deformacijskih struktura u stijenama predmezozojske kristalinske podloge	27
<b>Slika 6-4</b>	Kinematske značajke struktura u permsko-mezozojskim sedimentima zapadnog Papuka	28
<b>Slika 6-5</b>	F1 bore S-tipa	30
<b>Slika 6-6</b>	Stereogram F1 bora	30
<b>Slika 6-7</b>	Klivaž osne plohe u srednjotrijaskim šejlovima	31
<b>Slika 6-8</b>	Klivaž osne plohe u jurskim pelagičkim vanencima	32
<b>Slika 6-9</b>	Pretpostavljeni prostorni položaj valutica u permo-trijaskim konglomeratima	33
<b>Slika 6-10</b>	Stereogram osi bora F1 i lineacije presjeka L1	33
<b>Slika 6-11</b>	Smične zone $S_{R1}$	34
<b>Slika 6-12</b>	Detalj sa slike 6-11 i rekonstrukcija smjera smicanja	35
<b>Slika 6-13</b>	Koljenasta bora stijenama predmezozojske kristalinske podloge	36
<b>Slika 6-14</b>	Geometrija koljenastih bora i stereogram s njihovim osima	37
<b>Slika 6-15</b>	Stereogram koljenastih bora u permsko-mezozojskim naslagama	38
<b>Slika 6-16</b>	Koljenaste bore u permsko-mezozojskim naslagama	38
<b>Slika 6-17</b>	Voćinski rasjed	40
<b>Slika 6-18</b>	Položaj 2D refleksijskih seizmičkih profila	41
<b>Slika 6-19</b>	2D refleksijski seizmički profil DAR-9V-92	42
<b>Slika 6-20</b>	2D refleksijski seizmički profil DAR-10V-92	44
<b>Slika 6-21</b>	2D refleksijski seizmički profil DAR-10V-94	45
<b>Slika 6-22</b>	Geološki profil 1-1'	47
<b>Slika 6-23</b>	Geološki profil 2-2'	49
<b>Slika 6-24</b>	Geološki profil 3-3'	51
<b>Slika 6-25</b>	Geološka karta s lokalitetima uzorkovanja za mikropaleontološku analizu	52
<b>Slika 7-1</b>	Shematski profili kroz alpsko-dinaridsko karpatski orogenski sustav	55

<b>Slika 7-2</b>	Glavne tektonske jedinice šireg regionalnog područja u vrijeme ranog miocena	56
<b>Slika 7-3</b>	Model strukturnih deformacija nastalih u fazi kolizije	57
<b>Slika 7-4</b>	Blok dijagram građe dvostruko boranog terena	59
<b>Slika 7-5</b>	Postanak i geometrija dvostruko boranih struktura	60

**Popis priloga:**

<b>Prilog 1</b>	Geološka karta istraživanog područja
<b>Prilog 2</b>	Strukturna karta istraživanog područja
<b>Prilog 3</b>	Legenda

**Popis tabli:**

<b>Tabla 1</b>	Mikrofosilna zajednica u uzorku MV-26
<b>Tabla 2</b>	Mikrofosilna zajednica u uzorku MV-27
<b>Tabla 1</b>	Mikrofosilna zajednica u uzorku MV-33

## 1. UVOD

Slavonske gore, a među njima i površinom najveći Papuk, bili su objekti brojnih geoloških istraživanja koja su započela već rane 1855. godine kada je Wodiczka objavio rezultate kartiranja kristalinskih stijena Papuka i Krndije. Od druge polovice 19. stoljeća, a naročito u razdoblju od završetka II. svjetskog rata pa do danas, geološka istraživanja na Papuku izvode se vrlo intenzivno što za posljedicu ima veliki opus publiciranih i nepubliciranih radova iz različitih geoloških disciplina. Među tim istraživanjima prednjače ona iz područja petrologije kristalina te stratigrafije i paleontologije. Tek povremeno rađena su istraživanja u okviru tektonike i strukturne geologije, a poglavito malo istraživanja provedeno je na zapadnom Papučkom masivu.

Brojna istraživanja u sklopu izrade Osnovne geološke karte SFRJ u mjerilu 1:100 000, listova Daruvar (*JAMIČIĆ, 1989*) i Orahovica (*JAMIČIĆ & BRKIĆ, 1987*) te njihovih tumača (*JAMIČIĆ et al., 1989; JAMIČIĆ et al., 1987*) po prvi puta jasno definiraju pojedine tektonske i stratigrafske jedinice i detaljnije opisuju karakter njihovih granica, a samim time i razvoj terena kroz geološku prošlost. Početkom Domovinskog rata geološka istraživanja na Papuku i okolici praktički prestaju ili su provedena lokalno, što naročito vrijedi za istraživanja u domeni strukturne geologije i tektonike, uz iznimku onih iz područja petrologije magmatskih i metamorfnih stijena te sedimentologije i biostratigrafije, pri čemu je područje zapadnog masiva Papuka gotovo zanemareno.

Ovaj diplomski rad prikazuje rezultate strukturne analize deformacijskih struktura nastalih deformacijskim događajima aktivnih tijekom mezozoika i kenozoika i koji su ostavili svoga traga u stijenama koje površinski izgrađuju zapadne dijelove Papuka. Tek mjestimično, ovim su radom analizirane i deformacijske strukture mikroskopskih i makroskopskih dimenzija unutar pred-mezozojske kristalinske podloge i to na onim lokalitetima na kojima je pretpostavljeno da je moguće prepoznati odgovarajuće strukture koje su nastale i nakon formiranja tih stijena, odnosno tijekom mezozoika i kenozoika. Na taj način, u ovome su radu analizirane strukturne značajke stijena u trima izdvojenim strukturno-stratigrafskim jedinicama i to u: (1) Neogenskim naslagama zapadnog i sjevernog, rubnog dijela Papuka; (2) Permsko-mezozojskim naslagama i stijenama zapadnog dijela Papuka; i u (3) stijenama predmezozojske kristalinske podloge.

Ciljevi ovog diplomskog rada bili su sljedeći:

- Na terenu prikupiti što je moguće veći broj podataka o deformacijskim strukturama vezanim za mezozojske i kenozojske deformacijske događaje
- Opisati morfološke značajke deformacijskih struktura zabilježenih na izdancima i na refleksijskim seizmičkim profilima, odrediti njihov tip, orijentaciju, prostorni raspored i njihovu relativnu starost
- Pridružiti zabilježene deformacijske strukture odgovarajućim deformacijskim događajima
- Prikazati interpretaciju tektonskog razvoja područja istraživanja korištenjem novopostignutih rezultata u kombinaciji s rezultatima ranijih istraživanja
- Provesti analizu kristaliniteta glina u odgovarajućim naslagama permo-trijaske i jurske starosti radi spoznaje o termalnoj povijesti ovih naslaga

Tijekom gotovo trideset proteklih godina otkako su rađena detaljnija strukturno-geološka istraživanja na ovome području, usavršene su mnoge stare, ali i razvijene nove analitičke metode čija je primjena omogućila dobivanje novih i pouzdanijih spoznaja o geološkoj građi i geodinamskom razvoju ovog područja. Tako je na primjer značajan doprinos novim spoznajama o starosti metamorfnih i magmatskih stijena ovog područja postignut korištenjem metoda apsolutnog datiranja minerala i stijena (npr. *BIŠEVAC et al. 2010*, *BALEN et al., 2018*) i paleomagnetizma (npr. *MÁRTON, 2000*; *MÁRTON et al., 2002*; *USTASZEWSKI et al., 2008*), pri tom i uz interpretacije geodinamskog razvoja ovog i šireg regionalnog područja na temelju principa teorije tektonike ploča (npr. *PAMIĆ, 2002*; *SCHMID, 2008*). Zahvaljujući tomu, danas je mnogo lakše razumjeti odnose među regionalnim tektonskim i stratigrafskim jedincima te ih na taj način i pouzdanije postaviti u odgovarajući kontekst regionalnog, geodinamskog razvoja.

## 2. GEOGRAFSKE ZNAČAJKE ISTRAŽIVANOG TERENA

Papuk je gora smještena u istočnom djelu Republike Hrvatske i pripada slavonskom gorju, a pružanje joj je generalno ZSZ—IJJ. Sa sjeverne strane omeđena je dolinom rijeke Drave, na jugu Požeškom kotlinom, na zapadu Lonjsko – Ilovskom zavalom, a na istoku se nastavlja u Krndiju (*Slika 2-1*). Papuk se pruža preko teritorija triju jedinica regionalne samouprave: Bjelovarsko-bilogorske, Virovitičko-podravske i Požeško-slavonske županije.

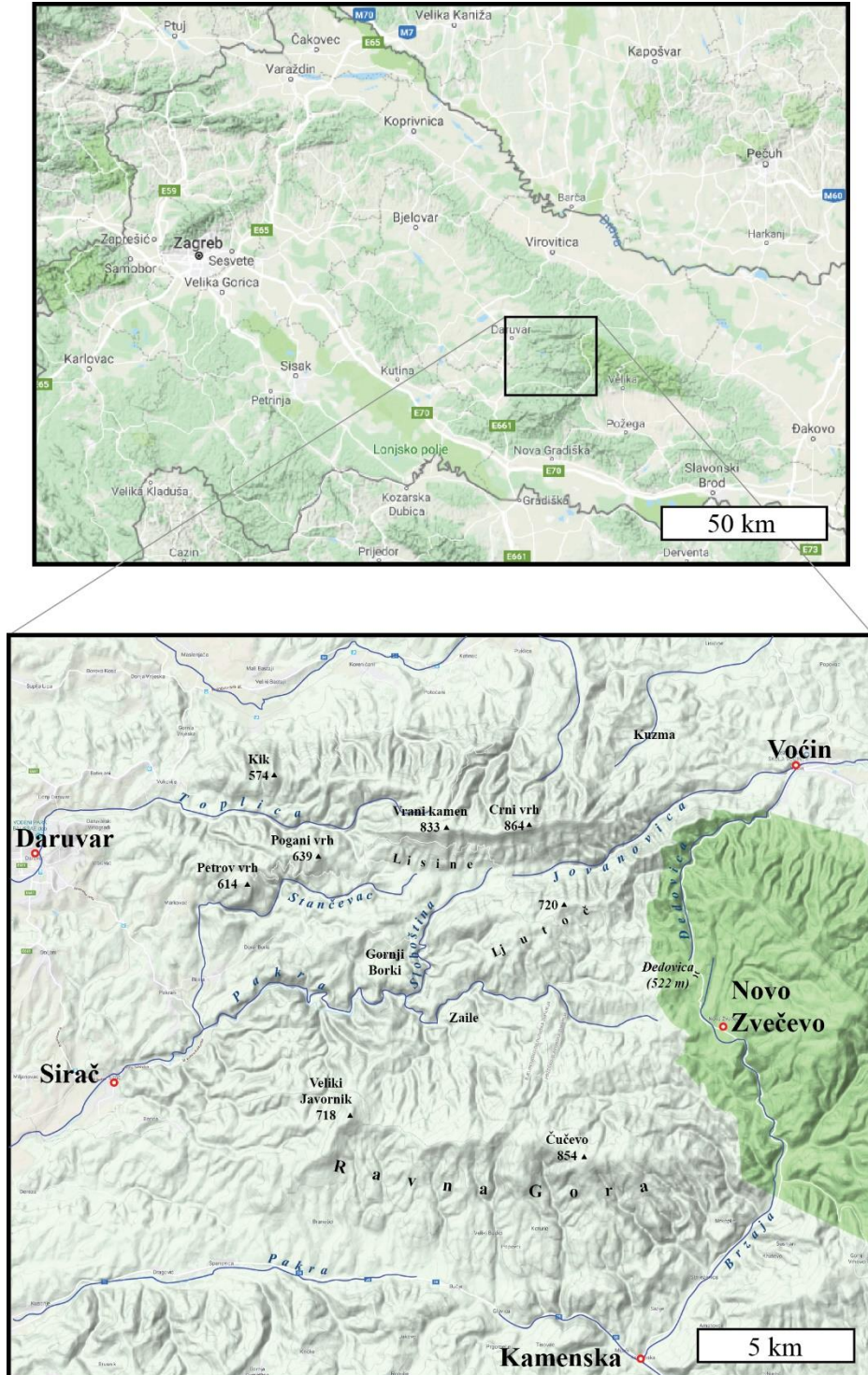
Geomorfološki Papuk se može podijeliti na dva masiva, centralni i zapadni. Oni su međusobno odijeljeni prijevojem Đedovica (522 m) te dolinom rijeke Brzaja koja teče generalno u smjeru juga prema naselju Kamenska i dolinom potoka Đedovica koji teče u smjeru sjevera prema mjestu Voćin. Ovaj rad obuhvaća područje zapadnog masiva Papuka pa će se daljnji opis geografskih značajki odnositi samo na njega.

Zapadni masiv Papuka orografski se može podijeliti na tri paralelna grebena s pružanjem I-Z. Sjeverni greben je Lisina i pruža se od Daruvara do Voćina u dužini oko 20 km. Najviši vrh u ovom dijelu je Crni vrh (863 m), koji je ujedno i najviši vrh zapadnog Papuka. Ljutoč predstavlja središnji i najmanji greben s najvišim vrhom od 720 m. Južni greben naziva se Ravna gora i ukupne je dužine oko 20 km. Pruža se od mjesta Sirač na zapadu do Kamenskog Vučjaka na istoku, s najvišim vrhom Čučevo na 854 m. Ta tri grebena međusobno su odijeljena kanjonima većih vodotoka i njihovih pritoka. Tako su Lisina i Ljutoč odvojeni dolinama potoka Jovanovice i Sloboština, a Ljutoč i Ravna gora dolinom rijeke Pakre. Pružanje većih vodotoka prati I-Z pružanje glavnih grebena, a njihovi pritoci teku s grebena u smjeru sjevera ili juga. Najznačajniji vodotoci su rijeka Pakra i potok Toplica koji teku prema zapadu te potoci Krajčinovica koji teče prema istoku i Jovanovica koji teče u smjeru sjeveroistoka. Generalno vrijedi pravilo da tokovi koji teku prema zapadu imaju jače razgranatu hidrografsku mrežu i dulji su od onih koji teku ka istoku.

Istraživano područje gotovo je u cijelosti prekriveno šumom. U dijelovima čija je nadmorska visina ispod 350 m dominiraju šume hrasta kitnjaka i graba. Na većim visinama dominiraju bukove šume, a tek iznad 700 m nalaze se zajednice bukve i jele koje su najrasprostranjenije na grebenu Ljutoč. Tek mjestimično na Ljutoču te i na krajnjem jugoistočnom djelu Ravne gore obitavaju crnogorične šume smreke i jele.



Unutrašnji dijelovi zapadnog Papuka razmjerno su slabo naseljeni. Danas jedino preostalo naseljeno mjesto su Donji Borki koji su prema popisu stanovništva iz 2011. godine imali 59 stanovnika. Veća mjesta nalaze se uz obode zapadnog Papuka, među kojima su, idući od najvećih, Daruvar, Sirač, Voćin, Đulovac, Kusunje i Novo Zvečevo.



*Slika 2-1. Geografski položaj istraživanog područja. Naznačeni su glavni vodotoci, vrhovi, veća naselja te pojedini geografski toponimi koji se spominju dalje u radu. Preuzeto s Google Maps.*

### 3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Prve poznate podatke o geološkoj građi Papuka iznio je na osnovu kartiranja kristalinskih stijena *WODICZKA (1855)*.

U svrhu izrade pregledne geološke karte Austrougarske monarhije, *STUR (1861, 1862)* istražuje i donosi prve podatke o mezozojskim stijenama Papučkog gorja te spominje prisustvo donjeg, srednjeg i gornjeg trijasa. Kao najstarije prisutne stijene isti autor smatra granite i gnajseve koji se nalaze u podini trijaskih naslaga.

*DIENER (1902)* i *POLJAK (1911)* u svojim radovima prvi govore o geotektonskom položaju i tektonskom razvoju slavonskih gora. Diener zajedno sa mnogim stranim znanstvenicima pritom smatra da je ovo područje sastavni dio Alpa. *SALOPEK (1914)* iznosi sažeti pregled dotadašnjih istraživanja te prihvaća teoriju o „Orijentalnom kopnu“ i smatra da slavonsko gorje čini ostatak tog masiva, a ne Alpi.

Rezultate prvih detaljnijih istraživanja granitnih stijena zapadnog dijela Papuka objavljuje *TAJDER (1957)*, uz njihovu detaljniju klasifikaciju i opise njihovih pojava oblika (kao sastavne dijelove grede ili batolita).

*RAFFAELLI (1965)* je proveo detaljno istraživanje na području Ravne gore u zapadnom Papuku te je zaključio da se intenzitet metamorfizma u škriljalcima kontinuirano povećava od juga prema sjeveru gdje postupno prelaze u migmatite. Na temelju indeks minerala, kemijskog sastava i strukturno–tektonskih obilježja stijena, podijelio je istraživano područje na progresivno metamorfozirane zone. Također, zaključio je da su metamorfne stijene svih izdvojenih zona metamorfozirane i deformirane u istom događaju, najvjerojatnije tijekom hercinske orogeneze, a njihovi protoliti bile sedimentne stijene vjerojatno silurske starosti.

Gotovo istovremeno, detaljan petrološki i geokemijski pregled granita, migmatita i gnajseva Papuka objavljuje *VRAGOVIĆ (1965a, 1965b)* u sklopu svoje doktorske disertacije.

U prvoj polovici 70-ih godina Šikić provodi detaljna istraživanja mezozojskih naslaga u području zapadnog Papuka. *ŠIKIĆ & BRKIĆ (1975)* pronalaskom makrofosila po prvi puta dokazuju prisutnost donjotrijaskih sedimenata na širem prostoru Papuka, i tako potvrđuju mišljenje *STURA (1861, 1862)* o postojanju donjeg trijasa. *ŠIKIĆ et al. (1975)* po prvi puta objavljuju kompletan prikaz stratigrafskih i petrografskih značajki mezozojskih sedimenata

Papuka. U njegovom zapadnom dijelu dokazani su cjelovit razvoj trijasa, jure te i najstarijeg djela krede. Opisani su i dobro paleontološki dokumentirani i transgresivni sedimenti senona, a u svojem magistarskom radu *ŠIKIĆ (1981)* detaljnije opisuje razvoj i facijesne osobine mezozojskih sedimenata Papuka.

*LUGOVIĆ, B. (1983)* je proučavao efuzivne i žilne stijene sjeverozapadnog dijela Papuka koji se u formi dajkova probijaju kroz magmatske i metamorfne stijene i trijaske karbonate. Uočio je da su najzastupljeniji bazalti te da se podređeno javljaju i olivinski bazalti i andeziti. Zaključio je da su istraživane stijene najvjerojatnije neogenski vulkaniti i da pripadaju toleitijskoj magmatskoj seriji.

Kroz niz svojih radova *JAMIČIĆ (1976, 1979a, 1980)* dokazuje da su kristalinske stijene Papuka pretrpjele dvostruko boranje te da genetski nisu vezane za isti orogenetski ciklus nego su metamorfozirane i deformirane više puta. Isti autor (*1979b*) izdaje prilog poznavanju tektonskih odnosa Papuka i Krndije, a par godina kasnije u kristalinskim stijenama Papuka, Psunja i Krndije izdvaja Papučki, Psunjski i Radlovački kompleks (*JAMIČIĆ, 1983a*). U radu o tangencijalnim kretanjima slavonskih gora *JAMIČIĆ (1983b)* objašnjava genezu i evoluciju sustava rasjeda u tom području. Prema podacima u Tumaču OGK SFRJ 1:100 000 za listove Daruvar (*JAMIČIĆ et al., 1987*) i Orahovicu (*JAMIČIĆ et al., 1989*), a također i prema *JAMIČIĆ (1981)* cijelo područje Papuka, Psunja i Krndije bilo je podvrgnuto utjecaju tektonskih pokreta tijekom bajkalske, kaledonske, hercinske i alpske orogeneze, pri čemu su prve tri rezultirale i metamorfnim promjenama u stijenama, dok su tijekom posljednje orogeneze bile deformirane za vrijeme laramijske i štajerske faze.

*PAMIĆ et al. (1988)* su izotopno datirali granitoide i metamorfne stijene slavonskih gora kao i stijene podloge neogenskih sedimenata korištenjem K-Ar i Rb-Sr „whole rock“ metode kojom su dokazali starost granitnog plutonizma i glavnog metamorfizma za vrijeme hercinske orogeneze.

*PAMIĆ & LANPHERE (1991)* dijele kristalinske stijene Papuka, Psunja i Krndije na Semimetamorfni (Radlovački) i Progresivnometamorfni (Papučki i Psunjski) kompleks, pri čemu za drugonavedeni utvrđuju hercinsku starost metamorfizma radiometrijskim datiranjem.

*USTASZEWSKI et al. (2008)* su interpretirali dotad dostupne podatke paleomagnetnih mjerenja u stijenama podloge Panonskog bazena i susjednih orogena na temelju kojih su, koristeći i podatke o miocenskoj ekstenziji u pojedinim dijelovima Panonskog bazena,

konstruirali kartu područja Istočnih Alpi, Karpata, Dinarida i Panonskog bazenskog sustava koja prikazuje prostorni položaj glavnih pred-neogenskih tektonskih blokova na početku miocena. Autori također zaključuju da je tektonski blok Tisija na kojoj se nalazi Papuk, od ranog miocena do danas zarotiran u smjeru kretanja kazaljke na satu za 30°.

*BIŠEVAC et al. (2009)* su na temelju kristaliniteta klorita i illita iz metasedimenata Radlovačkog i Psunjskog metamorfnog kompleksa te permo-trijaskih sedimenata odredili da je područje centralnog i istočnog Papuka bilo zahvaćeno vrlo niskim do niskim stupnjem metamorfizma, u rasponu P-T uvjeta 2-3 kbar (mjerenjem b0-parametra kod illita) i 250-300 °C.

Naknadno, da bi odredili starost tog metamorfnog događaja, *BIŠEVAC et al. (2010)* su izotopno datirali K-Ar metodom rekristalizirani autigeni illit te izmjerili starosti od 100-80 Ma koje odgovaraju kasnoj kredi (cenoman – kampan) i stoga ukazuju na eoalpinski metamorfizam.

U svojem diplomskom radu *MANJARIĆ (2011)* izrađuje litostratigrafsku kartu u izvorišnom djelu rijeke Toplice i detaljno opisuje litološke karakteristike svake od izdvojenih neformalnih litostratigrafskih jedinica.

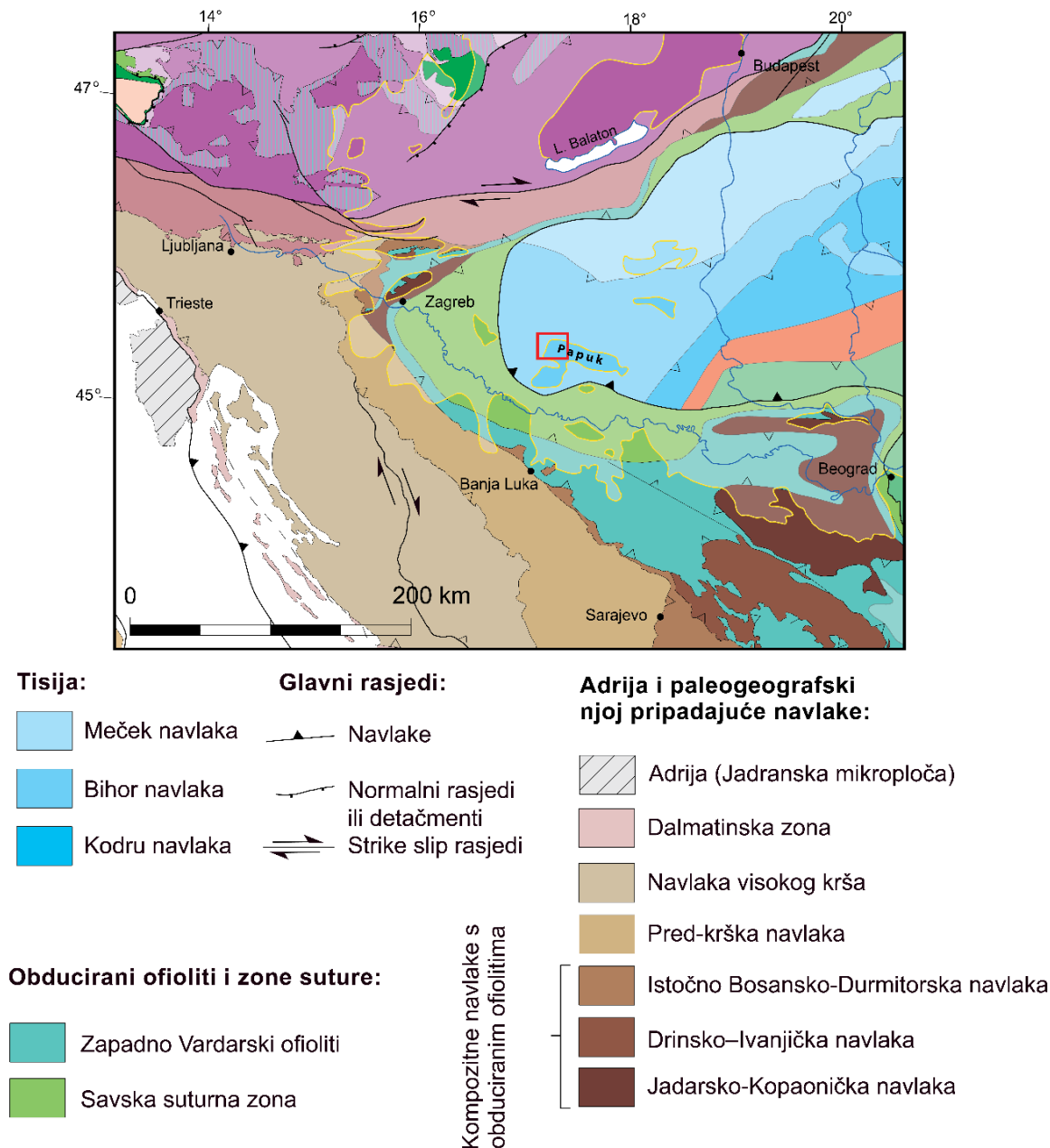
Datiranjem monacita iz kloritnih i kloritno-sericitnih škriljavaca Vranova, *BALEN et al. (2018)* određuju starost metamorfizma od  $109 \pm 13$  Ma, koju interpretiraju kao posljedicu alpskog metamorfizma vezanog za krednu koliziju Jadranske i Europske ploče.

*HORVAT et al. (2018)* na temelju datiranja metodama LA-MC-ICP-MS U-Pb na mineralu cirkonu, određuju starosti granitoidnih intruzija Papuka i Psunja u rasponu od  $380 \pm 4$  do  $383 \pm 5$  Ma i tako dokazuju da se njihova intruzija zbila ranije (u kasnom devonu) nego što to navode starija istraživanja. Isti autori ukazuju na postojanje predhercinskih elemenata u obliku polimetamorfnih i migmatitnih stijena, koje su doduše zamaskirane mlađom, hercinskom i alpskom fazom.

## 4. GEOLOŠKE ZNAČAJKE

### 4.1. Regionalni geološki odnosi

Papuk je smješten na južnom rubu Panonskog bazenskog sustava (*Slika 4-1*) i predstavlja jedno od malobrojnih i izoliranih područja, gdje se na površini nalaze stijene europskog kontinentalnog bloka Tisije koje su najvećim dijelom prekrivene neogenskim i kvartarnim sedimentima Panonskog bazenskog sustava.



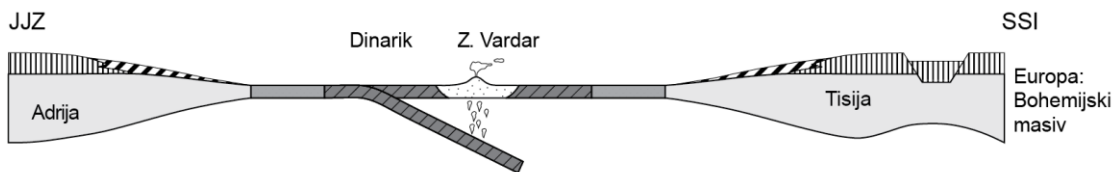
*Slika 4-1. Glavne tektonske jedinice u području južnih Alpa, Dinarida i u podlozi Panonskog bazenskog sustava prema SCHMID et al. (2008). Područje obuhvaćeno istraživanjima u okviru ovoga rada označeno je crvenim pravokutnikom. Žutom linijom i bijelom*

transparentnom bijelom bojom označeno je područje koje je pokriveno sedimentnom ispunom Panonskog bazena.

Papuk je izgrađen od polimetamornih i migmatitnih stijena predhercinske starosti, hercinskih granita, permsko-mezozojskog i neogenskog sedimentnog pokrova te mezozojskih i neogenskih efuziva. Na predmezozojsku kristalinsku podlogu prvo se talože permotrijaski i donjotrijaski crveni klastični sedimenti koji kontinuirano prelaze u karbonate srednjeg i gornjeg trijasa. Razvoj Tisije kao samostalnog i neovisnog bloka započinje u srednjoj juri kada su riftovanjem i otvaranjem Piemont-ligurijskog oceanskog korita, odnosno istočnog ogranka alpskog Tethysa, od ostatka Europske ploče odvojeni pojedini tektonski megablokovi (*Slika 4-2*) među kojim i Tisija (*Slika 4-2*; SCHMID *et al.*, 2008). Tada je došlo do produbljivanja sedimentacijskog prostora i taloženja sedimenata čije karakteristike te fauna koju sadrže ukazuju da je Tisija postala dio mediteranskog paleogeografskog prostora (VÖRÖS, 1977, 1993; LUPU, 1984; HAAS & PERO 2004; SCHMID *et al.*, 2008).

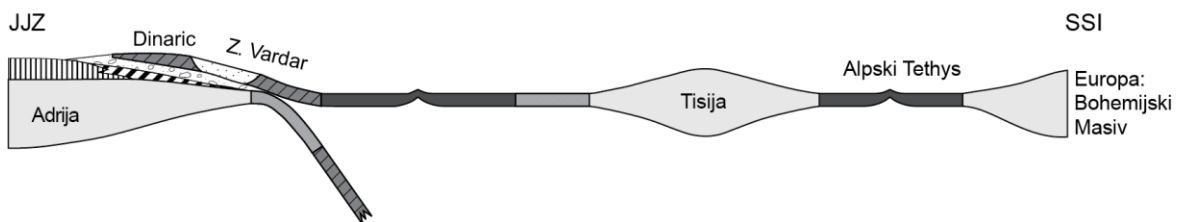
### Rana srednja jura

#### a) SZ Dinaridi - Tisija - Bohemijski masiv



### Kasna Jura

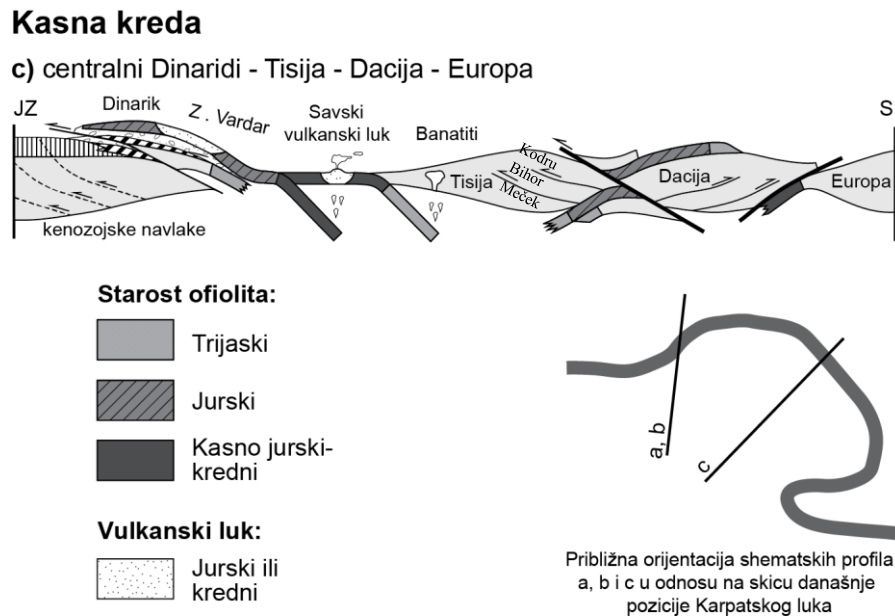
#### b) SZ Dinaridi - Tisija - Bohemijski masiv



*Slika 4-2.* Shematski profili iz SCHMID *et al.* (2008) koji pokazuju tektonski razvoj alpsko-dinaridsko-karpatkog orogenskog sustava za vrijeme prije kenozoika. a) Tektonski odnosi u vrijeme rane srednje jure: inicijalno otvaranje Piemont-ligurijskog oceanskog korita (istočnog Alpskog Tethysa) i istovremena intraoceanska subdukcija u zapadnom Vardarskom oceanu. b) Tektonski odnosi u vrijeme kasne jure: Piemont-ligurijski ocean je otvoren, a intraoceanska subdukcija u zapadno Vardarskom oceanu je dovela do obdukcije ofiolita na SI rub Adrije. Smještaj profila i legenda nalaze se na slici 4.

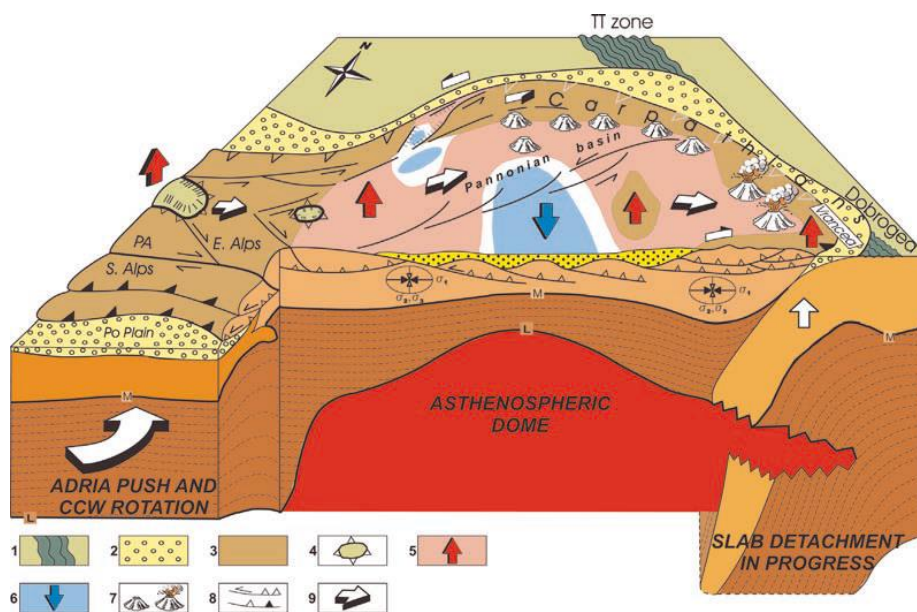


Kompresijskom tektonikom u turonu sa smjerom tektonskog transporta prema SZ, formirane su tri navlačne ljske unutar Tisija bloka (*Slika 3-3*): Meček, Bihor i Kodru (*SCHMID et al., 2008*). Kao posljedica kratkotrajne ekstenzije, u senonu su formirani postkompresijski bazeni ispunjeni naslagama Gozavskog facijesa koji su egzistirali dijelom i u paleocenu (*TAJDER et al., 1960; ŠIKIĆ, 1981; JAMIČIĆ et al., 1989; JAMIČIĆ, 2007*). Krajem krede započela je završna faza zatvaranja Tethysa subdukcijom Jadranske mikroploče pod Tisiju (*Slika 4-3*) što je u konačnici dovelo do njihove kolizije tijekom najmlađe krede i paleogena te stvaranja Savskog kolizijskog šava, odnosno Savske suturne zone, uz južni rubu Tisije (*PAMIĆ, 2002; SCHMID et al., 2008; USTASZEWSKI et al., 2010*). Pritom nastale kredno-paleogene strukture u Savskoj suturnoj zoni i na Jadranskoj mikroploči imaju jugozapadne vergencije, a pružanje kolizijskog šava bilo je generalno pravcem SZ-JI kao što je to i danas (*SCHMID et al., 2008; USTASZEWSKI et al., 2010*).



*Slika 4-3. Shematski profil koji pokazuje tektonski razvoj na području sjevernih Dinarida, Tisije i Karpatu u vrijeme kasne krede prema SCHMID et al. (2008). Tektonski megablokovi Tisija i Dacija ponovno su udruženi nakon zatvaranja Piemont-ligurijskog oceana u starijoj kredi. Na jugozapadnom rubu formiran je Savski vulkanski luk kao posljedica subdukcije oceanske kore Zapadno vardarskog oceana i Jadranske ploče pod Tisiju. Subdukcija je u konačnici dovela do kolizije i stvaranja Savske suturne zone tijekom najmlađe krede i u paleogenu.*

Kolizija Jadranske i Europske ploče u središnjim Alpama (u dijelu koji izgrađuju navlake tektonskog okna Tauern) tijekom kasnog oligocena i u miocenu uzrokovala je lateralnu ekstruziju tektonskih blokova iz zone kolizije prema istoku u područje Panonskog bazenskog sustava (RATSCHBACHER *et al.* 1991a,b; FRISCH *et al.*, 2011). Istovremeno napredovanje subdukcije Europske ploče u smjeru zapada pod Karpate i njeno istovremeno povlačenje u smjeru istoka, dovelo je do tzv. „slab retreat“ procesa koji je izazvao zalučnu ekstenziju u prostoru današnjeg Panonskog bazenskog sustava i stanjenje kore u tom prostoru, što je i omogućilo da se lateralna ekstruzija tektonskih blokova iz središnjeg dijela Alpa usmjerila prema istoku u područje Panonskog bazena (ROYDEN 1983, 1988; RATSCHBACHER *et al.*, 1991a,b; HORVATH *et al.*, 2006; USTASZEWSKI *et al.*, 2008). Lateralna ekstruzija tektonskih blokova bila je izrazito aktivna tijekom miocena, uz istovremenu translaciju i rotaciju tektonskih blokova te po završetku i njihovom kolizijom s navlakama nastalim u pojasu Karpatskog luka (Slika 4-4). Sjeverni megablok ALCAPA (Alps-Carpathians-Pannonia) pri tom je rotirao u smjeru obrnutom od kretanja kazaljke na satu za otprilike 25°, dok je južni blok Tisija-Daciaja rotirao u smjeru kretanja kazaljke na satu za oko 40° (npr. USTASZEWSKI *et al.*, 2008).



**Slika 4-4.** Geodinamski model za područja istočnih Alpa, Panonskog bazenskog sustava i Karpata za vrijeme ranog kvartara do danas prema HORVATH *et al.* (2006).

Zbog postupnog otkidanja donjeg dijela subducirajuće Europske ploče od njenog vršnog dijela krajem miocena i početkom pliocena ta je subdukcija u istočnim Karpatima završila, što je u kori i u naslagama ispunje Panonskog bazena rezultiralo promjenom do tada



aktivnog ekstenzijskog u novo uspostavljeni kompresijski režim naprezanja i inverzijom bazena (*Slika 3-4; TOMLJENović & CSONTOS, 2001; VRABEC & FODOR, 2006; SCHMID et al., 2008; DOMBRADI et al., 2009*). Faza inverzije aktivna je i danas naročito u jugozapadnom području Panonskog bazena što potvrđuju i podaci o žarišnim mehanizmima instrumentalno zabilježenih potresa (*HERAK et al., 2009; TOMLJENović et al., 2010; USTASZEWSKI et al., 2014*).

## 4.2. Geologija istraživanog područja

Predmezozojske kristalinske stijene čine površinski najrasprostranjeniju strukturno-stratigrafsku jedinicu zapadnog Papuka. Izgrađuju njegov središnji dio, na zapadu su prekrivene permsko-mezozojskim naslagama, na sjeveru i jugu su u tektonskom kontaktu s neogenskim sedimentnim stijenama Panonskog bazena, a prema istoku nastavljaju svoje pružanje u središnji masiv Papuka.

Predmezozojsku kristalinsku podlogu zapadnog Papuka čini velik broj petrološki različitih tipova stijena koje je na osnovu njihovog različitog mineralnog sastava, struktura i tekstura *JAMIČIĆ (1983)* svrstao u dva kompleksa: *Papučki* i *Psunjski*.

*Papučki kompleks* izgrađen je pretežno od različitih varijeteta granitoidnih stijena i progresivno metamorfozirane serije. Granitoidi najčešće predstavljaju granite S-tipa (*PAMIĆ et al., 2003*) koji čine izdužena i nepravilna, najčešće konkordantna tijela u središnjim dijelovima migmatitnih gnajseva i s njima su prostorno i genetski udruženi (*JAMIČIĆ et al., 1989*) te izgrađuju centralni masiv zapadnog Papuka. Petrografski su to pretežno granodioriti s prelazima u monzogranite (*PAMIĆ, 1990; PAMIĆ & LANPHERE, 1991*). Migmatitni gnajsevi površinski zauzimaju najveće područje. Međusobno se razlikuju u teksturi i strukturi, a sastoje se od kvarca, K-feldspata, plagioklasa i biotita. *PAMIĆ et al. (1988)* datirali su migmatite K–Ar i Rb–Sr metodama te kao rezultat dobili starosti u rasponu 336-324 Ma (stariji karbon). Migmatitni gnajsevi u svojim rubnim dijelovima postupno prelaze u progresivno metamorfozirane stijene srednjeg i niskog stupnja metamorfizma.

Taj kontinuirani, progresivno metamorfozirani slijed čine biotitni i biotit-muskovitni gnajsevi te tinjčevi škriljavci, koji daljnjim padom stupnja metamorfizma prelaze u kloritne škriljavce. Stupanj metamorfizma postupno opada idući od središta masiva prema njegovim rubovima. Protoliti su sedimentne stijene vjerojatno silurske starosti, a stijene svih zona deformirane su i metamorfozirane za vrijeme iste orogeneze, najvjerojatnije hercinske

(*RAFFAELLI, 1965*). Stijene progresivno metamorfoziranog kompleksa nalaze se na južnom rubu masiva u području Ravne gore, te na krajnjem sjeveroistočnom rubu u dolini potoka Djedovica.

Stijene *Psunjskog kompleksa* slabo su zastupljene na istraživanom terenu, a nalazimo ih samo na krajnjem jugozapadnom dijelu u dolini potoka Željnjaka gdje se nalaze u rasjednom kontaktu s permsko-mezozojskim sedimentima. To su klorit-sericitni škriljavci koji su metamorfozirani u mlađem karbonu (*PAMIĆ et al., 1988*) u okviru hercinske orogeneze, a protoliti su silursko-devonske starosti (*JERINIĆ et al., 1994*).

U zapadnom papučkom masivu permsko-mezozojski sedimenti predstavljaju prema površini drugu po veličini najrasprostranjeniju strukturno-stratigrafsku jedinicu, a u tom području je ujedno i njezin najcjelovitiji razvoj na čitavom Papuku. Ove stijene prostiru se na području istočno od Daruvara i Sirača od grebena Razvale (486 m) – Kik (574 m), preko kanjona Toplice, Vrenjevine, Petrovog (614 m) i Poganog vrha (639 m), kanjona Pakre sve do Malog Javornika (575 m) na Ravnoj gori (*Prilog 1*). Ovdje čine pojas generalnog pružanja sjever – jug. Drugi pojas ovih stijena nalazi se na području Lisine i na sjevernim padinama potoka Jovanovica, ali bitno drugačijeg pružanja koje je ovdje generalno istok – zapad (*Prilog 1*).

*JAMIČIĆ et al. (1989)* na osnovu superpozicije navode da je taloženje bazalnih naslaga povrh kristalinske podloge započelo na prijelazu perma u trijas. Na temelju pronađene fosilne zajednice *ŠIKIĆ (1981)* zaključuje da klastična sedimentacija započinje tek transgresijom u starijem trijasu. Prijelaz klastične sedimentacije u karbonatnu dogodio se na prijelazu u srednji trijas (*ŠIKIĆ, 1981; JAMIČIĆ et al., 1989*). Dominantno plitkovodno-karbonatna sedimentacija s povremenim taloženjem klastičnih sedimenata egzistirala je sve do konca trijasa kada postupno sve veći utjecaj ima pelagička sedimentacija koja je svoj vrhunac imala kroz cijelu juru kontinuirano do najstarije krede. Stijene koje bi slijedile na prethodno opisanom slijedu, a koje bi ukazivale na kontinuirani regresivni slijed nisu pronađene na području slavonskih gora. Vjerojatni uzrok tomu je erozija, pa ostaje otvoreno pitanje o završnim stadijima i zatvaranju ovog dubokovodnog bazena. U mlađem santonu nastupa nova transgresija i taloženje grebenskih rudistnih vapnenaca, konglomerata pješčenjaka i lapora povrh srednjotrijaskih dolomita (*TAJDER et al., 1960; ŠIKIĆ, 1981*). Ovaj gornjokredni slijed poznatim pod nazivom Gozavski facijes usporediv je s drugim senonskim sedimentima dokumentiranim na otočnim gorama Panonskog prostora npr. na

Pohorju, Ivanščici, Medvednici, Požeškoj gori i dr.. Detaljan litostratigrafski opis sedimentnih stijena permio-meozoika prikazan je na *slici 4-5*.

U zapadnom pojasu permio-meozojski sedimenti transgresivno naliježu na kristalinsku podlogu u krajnjem zapadnom dijelu Papuka. U tom pojasu stijene su intenzivno borane pa su mjestimično slojevi dovedeni u prebačeni položaj. Na taj način stvoren je niz od nekoliko prebačenih antiklinala i sinklinala kilometarskih dimenzija, čije se osi, uz lokalna odstupanja, pružaju po pravcu sjever – jug, a vergencije su prema istoku (*JAMIČIĆ et al., 1989*). S obzirom da neogenski sedimenti nisu zahvaćeni ovim boranjem, izvjesno je da se ta deformacijska faza morala dogoditi negdje u vremenu između sedimentacije najmlađih boranih sedimenata koje predstavljaju donjokredni pelagički vapnenci i taloženja neogenskih naslaga. *JAMIČIĆ (1988)* na temelju analize strukturnih podataka zaključuje da je do boranja došlo u okviru laramijske faze alpske orogeneze s glavnom osi naprezanja pružanja istok – zapad, tijekom paleogena. Prilikom boranja došlo je do stvaranja klivaža osne plohe koji je zbog fizičkih karakteristika stijena najbolje vidljiv u jurskim pelagičkim vapnencima. Intenzitet boranja postupno se smanjuje u smjeru istoka (*JAMIČIĆ, 1988*).

U sjevernom pojasu površinskog pojavljivanja, permio-meozojske naslage izgrađuju unutrašnje dijelove masiva zapadnog Papuka. To su područja doline rijeke Toplice i južnih padina grebena Dujanova kosa koji se puža od Vranog kamena na zapadu, preko Crnog vrha (864 m) do Kuzminskog kamena (737 m) na istoku (*Slika 2-1*). Ovaj pojas je pružanja istok – zapad što okomito je na pružanje zapadnog pojasa permio-meozojskih sedimenata. Ovakovo različito pružanje *JAMIČIĆ (1988)* tumači kao posljedicu rotacije blokova po nizu paralelnih lijevih rasjeda pružanja SI – JZ. Međutim, isti autor također navodi da duž spomenutih rasjeda nije došlo do većih razmicanja blokova, što je i vidljivo na terenu. Činjenica je da ti permio-meozojski sedimenti tonu prema jugu pod naslage donjeg miocena koje također tonu u istom smjeru pod kristalinske stijene u kojima je dominantna folijacija također nagnuta prema jugu (*Prilog 1*).

Novija istraživanja (*BIŠEVAC et al., 2009; BIŠEVAC et al., 2010*) ukazuju na prisustvo eoalpinskog metamorfizma vrlo niskog do niskog stupnja (250-300 °C i 2-3 kbar) u permio-meozojskim naslagama istočnog i središnjeg Papuka. Ovaj metamorfizam u stijenama zapadnog Papuka još uvijek nije potvrđen.

	Litostratigrafski razvoj permsko-mezozojskih naslaga		Debljina (m)
	Šikić, (1981)	Jamičić et al., (1989)	
G. kreda	grebenski i prigrebenski klastični vapnenci, pješčenjaci, lapori	bijeli grebenski rudistni vapnenci	?
G. titon - berijas	pekagički vapnenci s kalpionelidama	vapnenci s kalpionelama	100
Okfsord - st. titon	pelagički vapnenci s kadosinama i sakokomama, palecipodni, palecipodno-radiolarijski i globigerinski vapnenci, rožnjaci	pelagički vapnenci i rožnjaci	
G. ljas - doger	krinoidni, palecipodni, palecipodno-radiolarijski i globigerinski vapnenci, rožnjaci		
D. i st. ljas	vapnenci s pelagčkim utjecajem, krinoidni vapnenci s rožnjacima		
Ret	dolomitizirani vapnenci, krinoidni, brahiopodni, koraljni i foraminiferski vapnenci, laporoviti šejlovi	vapnenci i dolomitizirani vapnenci s proslojcima pelitnih klasta	100
Karnik - norik	dolomiti i dolomitizirani vapnenci, podređeno pješčenjaci i šejlovi	sivozeleni do zeleni pješčenjaci, dolomiti i dolomitični vapnenci	300
Ladimik	dolomiti i dolomitizirani vapnenci s algama, laporoviti šejlovi	tankopločasti laporoviti vapnenci, dolomiti, vapnenci, siltozni mikrit	
Anizik	vapnenci, dolomiti, dolomitizirani vapnenci, dolomitno-vapnenačke breče	kristalinični i dolomitični vapnenci te vapneno-dolomitne breče	
Donji trijas	kvarciti, subarkoze, siltiti, šejlovi ----- konglomerati, kvarciti, arkoze	sivosmeđi, crvenkasti do zelenkasti pješčenjaci i laminirani glinci	80-100
Permo - trijas		kvarcni pješčenjaci	100-120
		ljubičasti konglomerati i siltiti	350-400
Predmezozojska kristalinska podloga			

**Slika 4-5.** Shematski prikaz litološkog razvoja permsko-mezozojskih sedimenata s područja zapadnog Papuka prema ŠIKIĆ (1981) i JAMIČIĆ (1989). Crvena linija označava rasjedni kontakt gornjokrednih vapnenaca i stijena u podlozi.

Neogenske naslage pretežno izgrađuju rubne obronke zapadnog Papuka, gdje postupno prelaze u Dravsku depresiju na sjeveru i Bjelovarsku subdepresiju na zapadu (*Prilog 1*). Isključivo na zapadnom masivu Papuka mjestimično se na vrhovima brda pojavljuju sedimenti otnang-karpata i badena, primjerice u području Gornjih Borka, Zajila, Tovarnika, Biljana te Starog Zvečeva. Ta područja nalaze se na nadmorskim visinama u rasponu od 400 do 650 m. To je prilično visoko ako uzmemo u obzir da je ravničarski prostor oko Papuka kojeg izgrađuju mlađi neogenski sedimenti na otprilike 200 m nadmorske visine.

Prve transgresivne sedimente miocena predstavljaju loše sortirani brečokonglomerati i konglomerati slabolitificirani pijeskom, te šljunci, pijesci, siltovi i gline koji su za otnanga i karpata taloženi u kopnenim okolišima (*JAMIČIĆ, 1989*). Badenski sedimenti predstavljaju konglomerate, kalkarenite, pjeskovite lapore i lapore. Prvi marinski sedimenti na području sjevernih obronaka Papuka, odnosno u Dravskoj depresiji talože se tek u gornjem badenu (*usmeno PREMEC FUČEK, 2019*) u obliku kalkarenita, lapora, glinovitih lapora i glina. Na njima kontinuirano slijede tanko uslojeni i laminirani lapori sarmata te izmjena panonskih tankopločastih laporovitih vapnenaca i vapnenih lapora, tzv. *Croatica* naslage. Preko ovih naslaga slijede slabo uslojeni do neuslojeni glinoviti rjeđe vapneni lapori, tzv. *Banatica* naslage na koje kontinuirano naliježu *Abichi* naslage koje čine glinoviti, siltno-pjeskoviti i manje vapneni lapori s proslojcima pijesaka. Sedimentacija se nastavlja kontinuirano uz taloženje pijesaka, pjeskovitih i glinovitih lapora s proslojcima pješčenjaka i laporovitih vapnenaca koji čine *Rhomboidea* naslage. Naslage plio-kvartara talože se na erodiranu stariju podlogu, a čine ih pjeskoviti šljunci, kvarcni pijesci, siltni pijesci te lokalno proslojci šljunaka i pjeskovitih glina. Na njima leže kopneni sedimenti prvenstveno eolskog porijekla, a zatim padinski sedimenti te aluvijalni nanosi (*JAMIČIĆ et al., 1989*).

Primarni kontakt između neogenskih sedimenata i predneogenske podloge je transgresivan, ali zbog naknadnih tektonskih procesa on je rijetko sačuvan. Neogenske naslage koje transgresivno naliježu na starije sedimentne stijene i kristalinsku podlogu najbolje su sačuvane po ranije spomenutim vrhovima brda u unutrašnjim dijelovima zapadnog Papuka. Na rubnim obroncima i na prijelazu u okolna nizinska područja, kontakt između neogenskih naslaga i njihove podloge većinom je rasjedan, dijelom normalnog i dijelom reversnog karaktera kao što je na samom sjevernom rubu Papuka (*JAMIČIĆ, 1989*). Prema *JAMIČIĆ et al. (1989)* normalni rasjedi su nastali u donjem miocenu, da bi u kasnijoj fazi razvoja u okviru štajerske faze alpske orogeneze, zbog horstovskog uzdizanja fleksurnim savijanjem postali reversni rasjedi. Na krajnjem zapadnom djelu Papuka nalazi

se nekoliko sinklinala čije su jezgre izgrađene od neogenskih sedimenata (*Prilog 1*). Najsjevernija se proteže od Donjeg Daruvara do Dobre Kuće dolinom rijeke Toplice u čijoj jezgri nalazimo sedimente donjeg miocena. Druga sinklinala pruža se od Pakrana do Donjih Borka. U njevoj jezgri nalaze se *Banatica* i *Abichi* naslage, a pružanje se zakreće u SI-JZ što je u skladu s pružanjem glavnih struktura otkrivenih na refleksijskim seizmičkim profilima neposredno zapadno u Bjelovarskoj subdepresiji (ŠOLAJA, 2010, USTSZEWSKI et al., 2014). Najjužnija sinklinala u jezgri sadrži *Rhomboidea* naslage, a pruža se dolinom rijeke Pakre od Dragovića do Bučja pravcem I-Z te ujedno čini granicu Papuka i Psunja. U središnjem masivu zapadnog Papuka nalaze se još dvije značajne sinklinale. Jedna koju grade donjomiocenski klastični sedimenti nalazi se na južnim padinama grebena Dujanova kosa i u dolini potoka Slobošćina, a njeno pružanje je I – Z.. Druga sinklinala ima isto pružanje, a nalazi se na potezu Staro Zvečevo – Novo Zvečevo. U njezinoj jezgri nalaze se naslage badena, a u krilima naslage otang-karpata. U svim spomenutim sinklinalama njihova su južna krila reducirana reversnim rasjedima kojim su stijene predneogenske podloge dovedene u strukturno višu poziciju iznad neogenskih naslaga (*Prilog 1*). U zapadnom djelu to su karbonati mezozoika, a u središnjem granitoidi paleozoik.

## 5. METODE RADA

Geološka istraživanja na području zapadnog Papuka su zahtjevna zbog prekrivenosti terena vegetacijom i relativno malog broja izdanaka koji rijetko omogućavaju provedbu detaljne strukturne analize. Postupci i metode istraživanja korišteni u izradi ovog rada dijele se na terenske i kabinetske. Terenskim radom određene su koordinate lokacija izdanaka, obavljena je strukturna analiza na izdancima, a po potrebi i uzimanje uzoraka za daljnje kabinetske analize. Kabinetskim radom načinjena strukturna analiza i interpretacija 2D seizmičkih profila, biostratigrafska analiza na uzorcima miocenskih naslaga radi odredbe njihove starosti te i dio postupaka u analizi kristaliniteta illita na uzorcima predneogenskih stijena u cilju procjene njihove termalne povijesti.

### 5.1. Terenski rad i metode

Priprema terenskog rada sastojala se od rekognosciranja područja istraživanja pomoću postojećih geoloških i topografskih karata i satelitskih snimaka. Na taj način su izdvojena mjesta na kojima je bilo moguće pronaći nove izdanke. Na temelju podataka dosad objavljenih znanstvenih i stručnih radova dobiven je uvid u geološku građu područja, ali su pritom izdvojeni i brojni već poznati lokaliteti koji su zahtijevali detaljniju strukturnu analizu. Kako bi se prikupio što je moguće veći broj podataka o istraživanim stijenama, a osobito podataka o zabilježenim strukturama i strukturnim elementima, bilo je potrebno prehodati cijeli istraživani teren i koristiti se metodom snimanja svih izdanaka. Na lokalitetima za koje se tijekom pripreme za teren utvrdilo da predstavljaju mjesta s pretpostavljenim, nejasnim ili nelogično interpretiranim karakterom granica između pojedinih stratigrafskih ili strukturnih jedinica, provedena su najdetaljnija istraživanja. Pritom je bilo potrebno koristiti se klasičnim metodama geološkog kartiranja, osobito metodom praćenja geološke granice.

Na svim izdancima gdje je to bilo moguće, analizirane su i opisane primarne i sekundarne (deformacijske) strukture i njihovi strukturni elementi, što uključuje definiranje njihove orijentacije, prostornog rasporeda i morfoloških značajki. Na temelju njih donose se zaključci o dinamici prostora kroz geološku prošlost. Na taj način načinjena je deskriptivna i kinematička strukturna analiza.

Prilikom terenskih istraživanja korištene su geokodirane topografske karte mjerila M 1:25 000 te Osnovna geološka karta SFRJ mjerila M 1:100 000 listovi Daruvar (*JAMIČIĆ, 1989*) i Orahovica (*JAMIČIĆ & BRKIĆ, 1987*). Karte su korištene za orijentaciju na terenu i unošenje točaka opažanja pomoću mobilne aplikacije *Avenza Maps* koju podržavaju mobilni telefoni s Android operativnim sustavom. Kako bi se provjerila točnost pozicioniranja GPS prijemnika mobilnog telefona, na više točaka poznate lokacije rađena je njegova usporedba s GPS prijemnikom iPad uređaja kojeg pokreće iOS operativni sustav, a također posjeduje *Avenza Maps* aplikaciju. Oba uređaja pokazala su točnost od 5 do 10 m što je za svrhu izrade ovog rada i tip istraživanja sasvim zadovoljavajuće. Tijekom terenskih istraživanja u dubokim jarcima i zasjecima, radi provjere točnosti povremeno su rađene slične provjere pomoću karte i kompasa metodom orijentacije presijecanjem linijske oznake na karti kontraazimutom. Lokacije koje su dobivene orijentacijom pomoću spomenute metode, nisu se bitno mijenjale od onih određenih GPS prijemnikom mobilnog telefona.

## 5.2. Kabinetski rad i metode

### 5.2.1. Interpretacija 2D seizmičkih profila

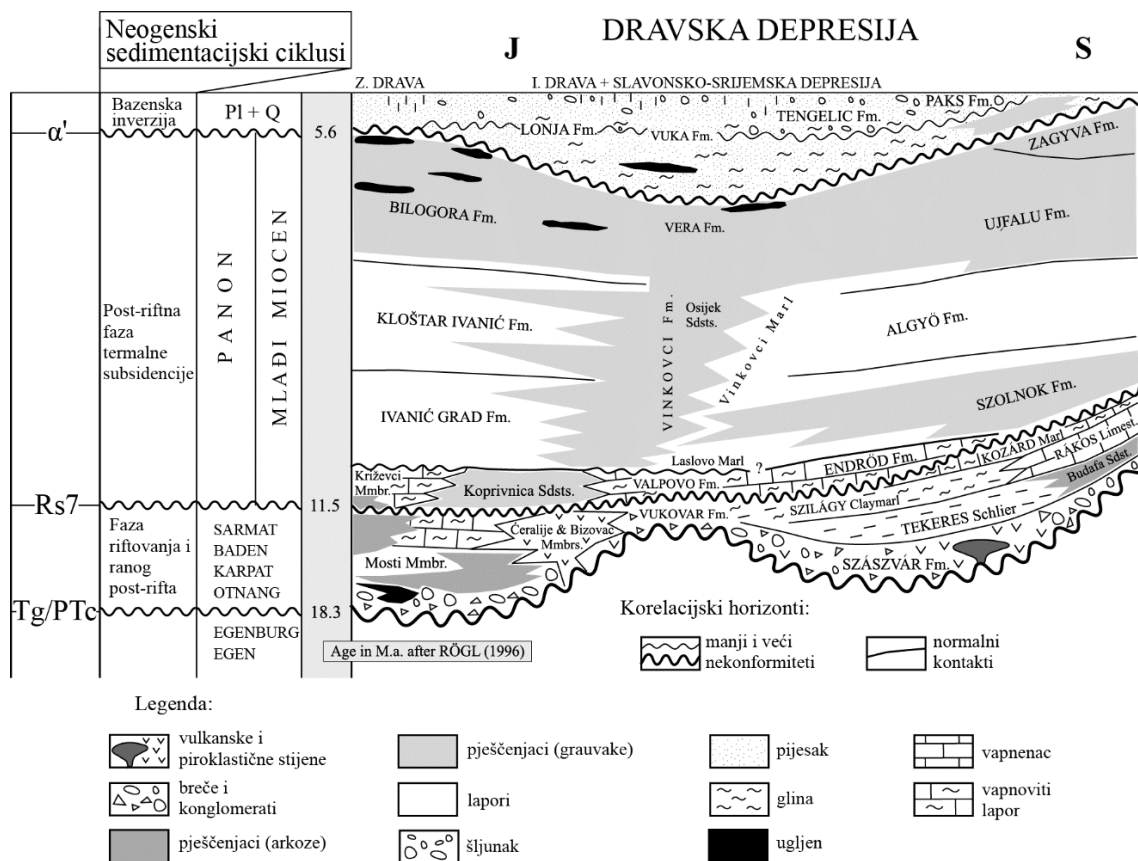
Kao glavni izvor podataka za strukturno-tektonsku analizu obodnog područja zapadnog Papuka korišteni su 2D refleksijski seizmički profili. Na raspolaganju je bilo deset takvih profila raspoređenih u nepravilnoj mreži zapadno i sjeverozapadno od Papuka odnosno u istočnim dijelovima Bjelovarske subdepresije te istočnoj Bilogori s prijelazom u Dravsku depresiju. Uz profile korišteni su i podaci iz pet bušotina: Cabuna-9, Dežanovac-1, Pavlovac-1, Uljanik-1 i Virovitica-3 Alfa za koje su (barem dijelom) izmjereni zakoni brzina širenja seizmičkih valova koji su korišteni za a pretvorbu vremenskog u dubinsko vertikalno mjerilo. Za interpretaciju 2D seizmičkih profila korišten je *Petrel Seismic to Simulation* (2014) softverski paket koji je Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu donirala kompanija Schlumberger. Pretvorba dvostrukog vremena u dubinsko vertikalno mjerilo na seizmičkim profilima načinjena je pomoću *Make Velocity Model* aplikacije, s opcijom *Depth Converter 3D Grid* koja se nalazi u *Process Diagram*-u softverskog paketa *Petrel*.

Strukturno-tektonska interpretacija 2D refleksijskih seizmičkih profila sastojala se od označavanja i kartiranja određenih seizmičkih horizonata na profilima za koje se utvrdila dobra korelacija s određenim EK-markerima zabilježenim na karotažnim dijagramima u bušotinama. U ovom su radu korišteni sljedeći EK-markeri:



- $\alpha'$  – koji predstavlja diskordanciju po podlozi pliocenskih i kvartarnih sedimenata,
- Rs7 – koji predstavlja diskordanciju po podlozi panonskih naslaga,
- PTc (podloga tercijara) – koji predstavlja diskordanciju po podlozi miocenskih naslaga u slučaju kad su u njihovoj podini starije kenozojske, mezozojske ili paleozojske stijene ,
- Tg (temeljno gorje) – koji predstavlja diskordanciju po podlozi miocenskih naslaga u slučaju kad su u njihovoj podini starije kenozojske, mezozojske ili paleozojske magmatske ili metamorfne stijene, odnosno stijene pred-miocenske kristalinske podloge.

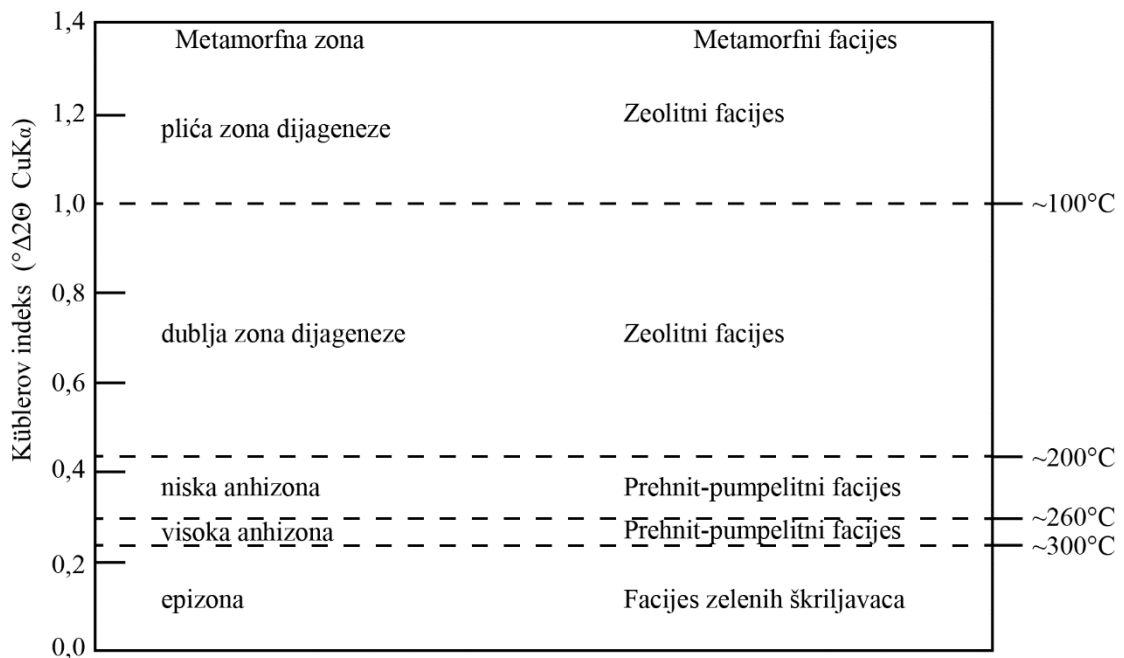
Opisani EK-markeri približno odgovaraju granicama triju glavnih ciklusa u taloženju ispune Dravske depresije te dijele sedimente Panonskog bazena u tri faze njegovog regionalnog razvoja (*Slika 5-1*).



*Slika 5-1. Shematski prikaz litostratigrafskog razvoja Dravske depresije u jugozapadnom dijelu Panonskog bazenskog sustava, djelomično preuređen prema SAFTIĆ et al. (2003). Prikazane su pozicije elektrokarotažnih markera korištenih pri interpretaciji refleksijskih seizmičkih profila.*

### 5.2.2. „Kristalinitet“ illita i klorita

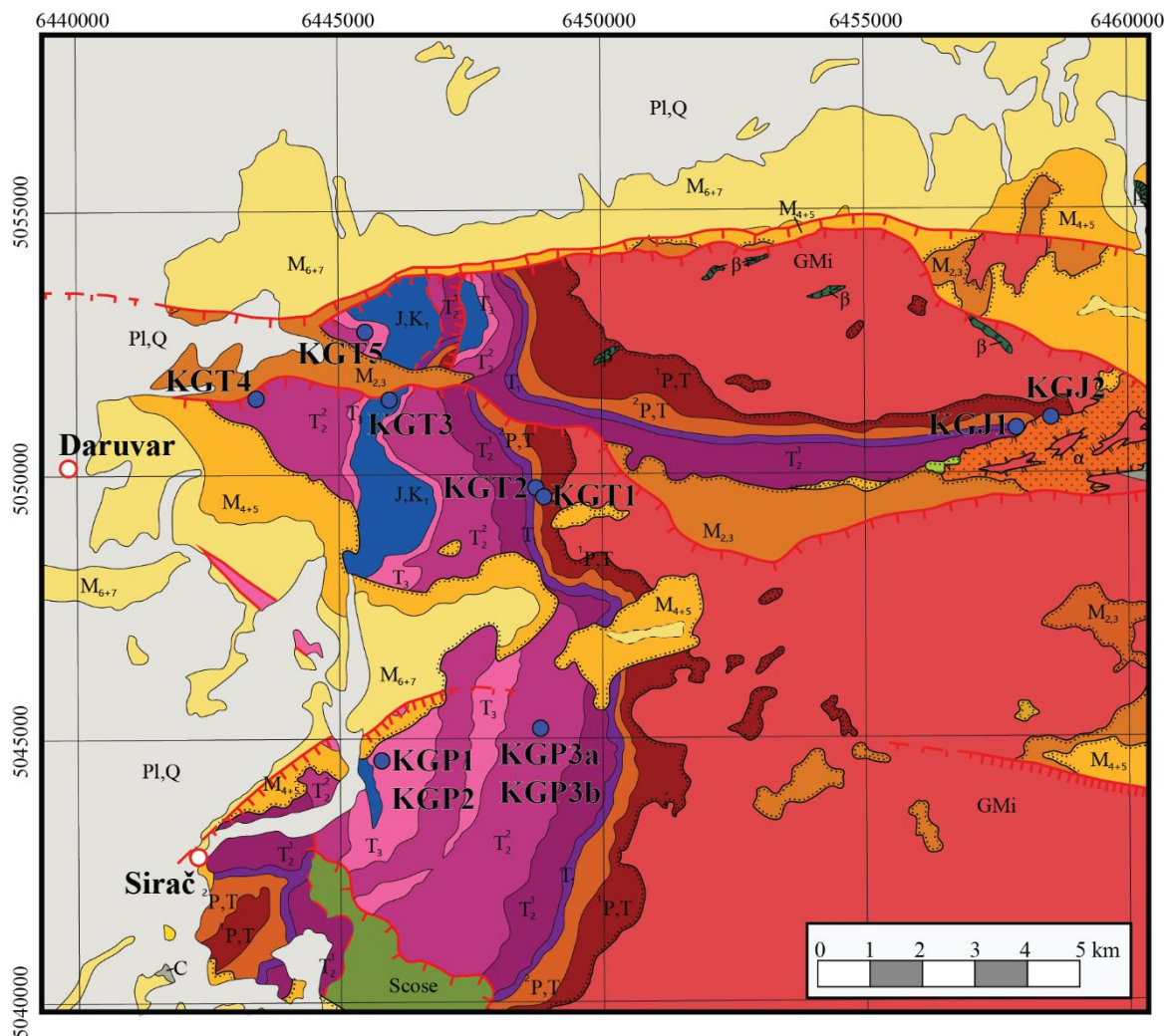
Kristalinitet glina je analitička metoda koja se koristi za otkrivanje niskog stupnja metamorfizma u stijenama koje sadrže minerale glina odnosno illit i klorit. Postoji nekoliko različitih indeksa koji se koriste u tu svrhu. Küblerov indeks (KI) koristi se najčešće i temelji se na kristalinitetu illita (*Slika 5-2*), dok se Árkai indeks temelji na mjerenju kristaliniteta klorita. Metoda je zasnovana na činjenici da s povećanjem temperature u geološkim sredinama raste i stupanj kristaliniteta illita i klorita koji se može posredno odrediti mjerenjem debljine točno određenih otklona na tim mineralima glina. Smektitne gline povećanjem temperature prvo prelaze u neuređene interstratificirane gline s velikim udjelom smektitne komponente.



*Slika 5-2. Klasifikacijski dijagram kristaliniteta illita pokazuje obrnuo proporcionalan odnos Küblerovog indeksa (KI) s temperaturom te pripadajuće metamorfne zone odnosno facijese (prema VERDEL et al., 2012).*

Daljnijim povećanjem temperature smektitne gline prelaze u uređenije interstratifikacije u kojima raste udio illitne komponente, pa u illit nižeg odnosno višeg „kristaliniteta“ te na posljertku u muskovit (FREY, 1987; MOORE & REYNOLDS, 1997; ŠRODOŃ, 2007). Osim temperature postoje i drugi faktori koji mogu utjecati na porast kristaliniteta kao što su: vrijeme izloženosti povišenoj temperaturi, dostupnost kalija, prisutnost fluida, propusnost stijena, prisustvo organske materije, stresu kojem su stijene bile izložene, trošnosti uzorka i dr.. Stoga interpretacija dobivenih rezultata iziskuje i veliku

opreznost. U ovom je radu za analizu kristaliniteta glina prikupljeno ukupno 11 uzoraka (*Slika 5-3*) koji su pripremljeni u laboratorijima Mineraloško-petrografskog zavada Prirodoslovno-matematičkog fakulteta i Zavoda za mineralogiju petrologiju i mineralne sirovine Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Uzorci su pripremljeni i snimljeni u skladu s preporukama objavljenim u literaturi (npr. *KISCH, 1991*). Zbog tehničkih poteškoća mjerenja nisu provedena u potpunosti, pa će se nastaviti i nakon obrane ovog diplomskog rada na Philips X-pert PRO difraktometru na Mineraloško-petrografskom zavadu Prirodoslovno-matematičkog fakulteta čim to bude moguće. Očekuje se da će se dobiveni rezultati usporediti s rezultatima drugih laboratorija, odnosno kalibracija s osam poliranih međulaboratorijskih standarda (*KISCH, 1990, 1991; KISCH et al., 2004*).



*Slika 5-3. Geološka karta djela istraživanog područja prema OGK lista Daruvar (JAMIČIĆ, 1989) dijelom preuređena na temelju vlastitih podataka, s označenim lokalitetima uzorkovanja stijena za analizu kristaliniteta glina.*

### 5.2.3. Izrada geološke karte

Geološka karta koja je načinjena za potrebe ovog rada u najvećoj mjeri se temelji na podacima preuzetim s Osnovne geološke karte SFRJ 1:100 000, lista Daruvar (*JAMIČIĆ, 1989*) i manjim djelom lista Orahovica (*JAMIČIĆ & BRKIĆ, 1987*), ali je također dopunjena s podacima i reinterpretacijom pojedinih geoloških granica na temelju rezultata istraživanja u okviru ovog rada. S obzirom da je istraživanjima zahvaćeno vrlo široko područje, terenski rad koji uključuje i geološko kartiranje usredotočen je: na mjesta na kojima starija geološka karta pokazuje određene nelogičnosti, kao i na mjesta gdje je bilo potrebno provjeriti točnosti radnih hipoteza. Stoga proizlazi da geološka karta koja je napravljena za potrebe ovoga rada (*Prilog 1*) predstavlja djelomice preuređenu i reinterpretiranu verziju ranije postojeće OGK karte lista Daruvar (*JAMIČIĆ, 1989*).

### 5.2.4. Metoda polarizacijske mikroskopije

Na temelju ove metode određen je mineralni sastav uzorkovanih stijena, na temelju kojeg je određena vrsta stijene u kojoj su načinjena daljnja strukturna istraživanja. Neki od uvjeta postanka stijene, kasniji procesi alteracija primarnih minerala te različite deformacijske faze, mogu se zaključiti na temelju međusobnog odnosa pojedinih minerala u stijeni. U cilju provedbe mikrostrukturne analize na orijentiranim uzorcima prikupljeno je 25 uzoraka. Uzorci su na konačnu standardnu debljinu od 0,03 mm pripremljeni u laboratoriju Zavoda za mineralogiju petrologiju i mineralne sirovine Rudarsko-geološko-naftnog fakulteta. Izbrusci su istraživani polarizacijskim mikroskopom Leica DM EP s povećanjima 2,5x, 4x, 10x i 40x, a mikrofotografije su napravljene digitalnim fotoaparatom Sony SLT-A35.

### 5.2.5. Biostratigrafska analiza na uzorcima miocenskih naslaga

Radi moguće provjere ili odredbe biostratigrafske starosti miocenskih naslaga koje dijelom izgrađuju područje istraživanja, u okviru ovog rada prikupljeno je sedam uzoraka. Budući da su ovi uzorci većinom rastresiti, slabovezani sedimenti, u postupku izdvajanja fosilnog sadržaja uzorci su obrađeni metodom razmuljivanja ili šlemanja. Analizirani uzorci mase oko 150 g potopljeni su u vodenu otopinu s 10-15% vodikovog peroksida ( $H_2O_2$ ) u trajanju od 24 sata. Nakon toga uzorci su ispirani i prosijavani kroz pet sita s veličinom oka od 630  $\mu m$ , 160  $\mu m$ , 125  $\mu m$ , 63  $\mu m$  i 45  $\mu m$ . Izdvojeni materijal potom je sa sita sipan u zdjelice i sušen u sušioniku na oko 80 °C, nakon čega je pregledan pomoću stereomikroskopa

Olympus SZX12 s reflektiranim svjetlom. Na kraju ovog postupka pojedini primjerci mikrofosila ključni za odredbu biostratigrafske starosti su fotografirani pomoću elektronskog skenirajućeg mikroskopa SEM GEOL u Laboratoriju za istraživanje stijena i fluida tvrtke INA-industrija nafte d.d., Zagreb.

## 6. REZULTATI ISTRAŽIVANJA

Na temelju velikog broja analiziranih struktura i strukturnih značajki u kristalinskim i sedimentnim stijenama Papuka, *JAMIČIĆ (1981)* je ustvrdio da se strukturno-tektonski razvoj Papuka odigrao u vremenu od prekambrija do kraja neogena i to kroz nekoliko metamorfnih i deformacijskih faza tijekom bajkalske orogeneze, kaledonske orogeneze, hercinska orogeneze te laramijske i štajerske faze u alpskoj orogenezi. S obzirom da je jedan od ciljeva ovoga rada analiza deformacijskih struktura nastalih tijekom mezozoika i kenozoika, te su strukture i njihovi strukturni elementi većinom analizirani u stijenama tih dviju era. Ipak, i u stijenama predmezozojske kristalinske podloge podređene su analizirane postmetamorfne deformacijske strukture, jer se za njih pretpostavilo da su nastale nakon formiranja tih stijena, odnosno tijekom mezozoika i kenozoika.

Opis i interpretacija struktura i strukturnih elemenata, za koje se ustanovilo ili pretpostavilo da su nastale tijekom mezozoika i kenozoika, su u daljnjem tekstu ovog poglavlja prikazani u kronološkom slijedu njihova postanka, čime se čitatelju željelo olakšati razumijevanje relativne starosti i međusobnog odnosa između pojedinih generacija deformacijskih struktura. Pritom treba imati u vidu i mogućnost da se u stijenama različitih fizičko-mehaničkih svojstava, deformacije mogu manifestirati na različite načine unatoč tomu što su istovremeno nastale u istom režimu naprezanja.

Pored toga, poznato je da se prilikom analize deformacijskih struktura u starijim stijenama, treba obratiti pozornost i na mogući utjecaj mlađih deformacijskih faza i događaja koji mogu bitno promijeniti primarni prostorni raspored i orijentaciju, pa i konačan, današnji oblik prethodno nastalih, starijih struktura i njihovih strukturnih elemenata. Stoga je, za cjelovito razumijevanje današnjeg položaja, orijentacije i oblika struktura i strukturnih elemenata u analiziranim stijenama, bitno dobro poznavati deformacijske strukture nastale u deformacijskim fazama mlađim od promatrane. Kao dobar primjer ovako postavljene koncepcije u strukturnoj analizi istraživanog područja, želim još jednom podsjetiti na znanstveno utvrđenu činjenicu o translaciji i rotaciji tektonskog megabloka Tisije tijekom miocena i to u smjeru kretanja kazaljke na satu za oko  $40^\circ$  (*USTASZEWSKI et al., 2008; BALLA, 1987; RATSCHBACHER et al. 1991a,b; FRISCH et al., 2011*). Stoga vrijedi, da je u rekonstrukciji primarnog položaja i orijentacije predmiocenskih struktura na području Papuka, potrebno načiniti retrodeformaciju ovih struktura i to na način da se iz današnjeg položaja povratno zarotiraju za  $40^\circ$  u smjeru obrnutom od kretanja kazaljke na satu.



## 6.1. Strukturna analiza u stijenama predmezozojske kristalinske podloge

### 6.1.1. D<sub>0</sub> – Sinmetamorfne, predmezozojske deformacijske strukture

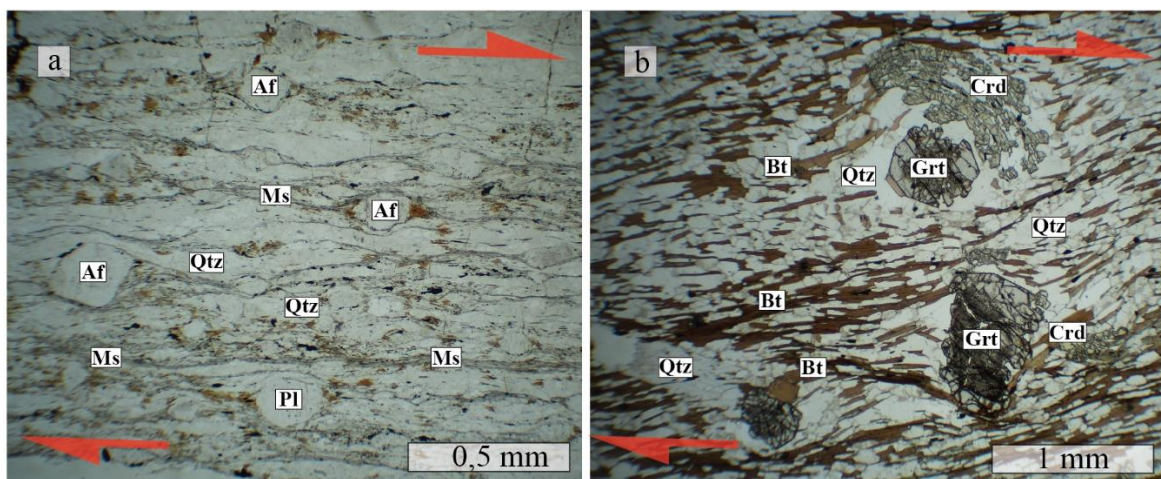
U stijenama predmezozojske kristalinske podloge uočene su brojne deformacijske strukture makroskopskih i mikroskopskih dimenzija (*Slika 6-1; Slika 6-2; Slika 6-3*). S obzirom na njihov oblik, učestalost i intenzitet kojim utječu na recentni strukturni sklop u ovim stijenama, te i na međusobni odnos sinmetamornih i postmetamornih struktura, njihovim pomnim promatranjem u mikroskopskim preparatima, ustanovljeno je da je većina ovih struktura vjerojatno nastala u jednom ili više naknadnih metamornih događaja koji su prethodili alpskom orogenetskom ciklusu. S obzirom da je glavni cilj ovoga rada analizirati i opisati mezozojske i kenozojske strukture u stijenama istraživanog područja, sve strukture za koje se utvrdilo ili pretpostavilo da su predmezozojske starosti označene su kao strukture predmezozojskih deformacijskih faza (događaja) koji su u ovom radu skupno označeni kao D<sub>0</sub> deformacijski događaji.



*Slika 6-1. Fotografija a) Izdanak kloritnih škriljavaca u kojima je razvijen krenulacijski klivaž (crvena linija) koji odjeljuje zone maksimalnih zakrivljenosti cm bora. Fotografija b) Uspravna simetrična bora u gnajsevima, crna linija markira plohe škriljavosti. Lokaliteti: a) 45°28'57,8"N, 17°30'17,6"E; b) 45°30'29,9"N, 17°30'32,8"E.*



**Slika 6-2.** Fotografija a) Parazitske bore Z-tipa razvijene u krilu bore višeg reda unutar kloritnih škriljavaca, crna linija markira škriljavost. Orijentacija osi je I – Z. Lokalitet: Fotografija b) Izoklinalno borani gnajs. Ljubičaste strelice pokazuju očekivani smjer smicanja nastao za vrijeme boranja. Crvene strelice pokazuju smjer smicanja na koji ukazuje  $\sigma$ -klast koji se nalazi između njih, a različit je od smjera smicanja prilikom boranja što govori da je izoklinalno boranje mlađe od smicanja kojim su nastali  $\sigma$ -klasti. Orijentacija osi izoklinalne bore je 308/21. Lokaliteti: a) 45°28'57,8"N, 17°30'17,6"E; b) 45°33'44,8"N, 17°23'17,0"E.

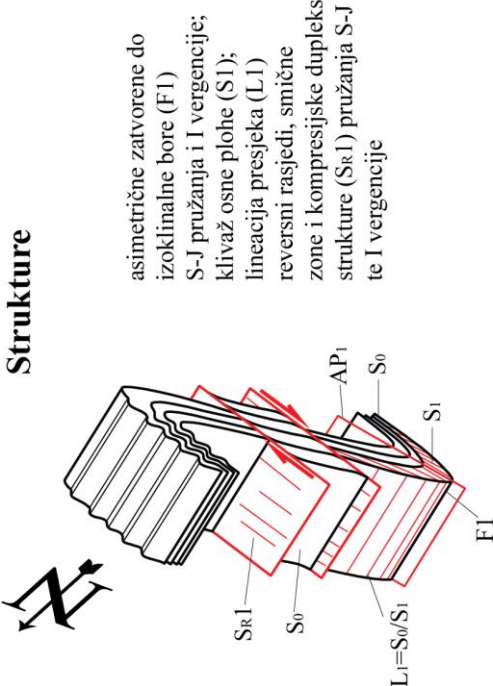
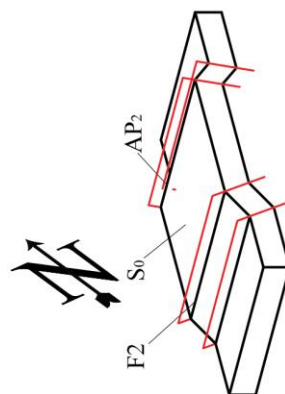


**Slika 6-3.** Fotografija a) Mikroskopski preparat milonitnog gnajsa. Crvene strelice ukazuju na smicanje krovine u smjeru istoka. Lokalitet: Fotografija b) Staurolitno-granatni gnajs sa sinkinematskim porfiroblastima granata i staurolita koji ukazuju na smicanje krovine u smjeru istoka. Lokaliteti: a) 45°28'52,9"N, 17°30'17,2"E; b) 45°29'26,4"N, 17°30'12,1"E.



## 6.2. Strukturna analiza kasnokrednih i paleogenskih struktura zapadnog Papuka

Deformacijske strukture zabilježene ovim radom u permsko-mezozojskim naslagama zapadnog Papuka shematski su prikazane na *slici 6-4*.

Strukture	Kinematika	Metamorfizam	Starost
 <p>asimetrične zatvorene do izoklinalne bore (F1) S-J pružanja i I vergencije; klivaž osne plove (S1); lineacija presjeka (L1); reversni rasjedi, smične zone i kompresijske dupleks strukture (Sr1) pružanja S-J te I vergencije</p>	I-Z kompresija s vergencijom na I	bez metamorfizma, metamorfizam vrlo niskogstupnja u prehit-pumpelitimom facijesu (?)	najmlađa kreda - paleocen
 <p>asimetrične i simetrične, koljenaste bore (F2) pružanja S-J</p>	S-J kompresija s vergencijom na S	bez metamorfizma	kasnoneogenska i kvartarna

*Slika 6-4. Kinematske značajke struktura u permsko-mezozojskim sedimentima zapadnog Papuka i njihova relativna starost.*

## 6.2.1. D<sub>1</sub> – kasnokredne i paleogenske deformacijske strukture zapadnog Papuka

### 6.2.1.1. Bore F1 u permsko-mezozojskim naslagama

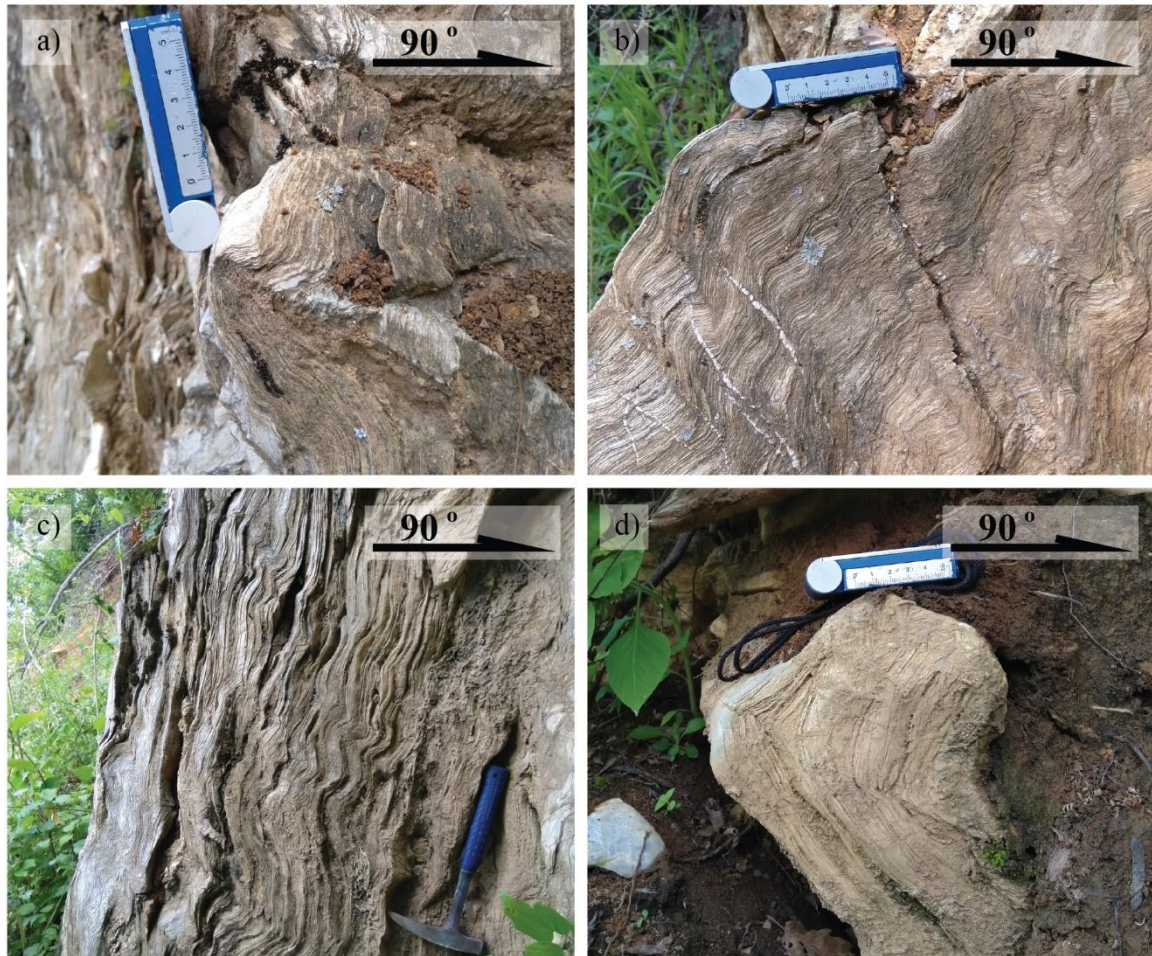
Najstarije zabilježene penetrativne strukture u permsko-mezozojskim naslagama zapadnog Papuka su bore koje su u ovom radu označene kao bore F1. Zbog vrlo različitih debljina i kompetentnosti slojeva koji izgrđuju ovu sekvenciju, na terenu su prisutne F1 bore iste generacije, ali različitih veličina pa su shodno tomu svrstane u tri reda.

F1 bore prvog reda predstavljaju kose do prebačene, rjeđe i izoklinalne bore kilometarskih dimenzija. Njihovo pružanje moguće je pratiti na geološkoj karti (*Prilog 1*). Pri analizi izdanaka za rekonstrukciju smjera zatvaranja bora prvog reda, odnosno nastavka zapaženih krila prema tjemenima antiklinala ili sinklinala korištena su pravila o odnosu klivaža osne plohe i slojevitosti i geometrije malih parazitskih bora.

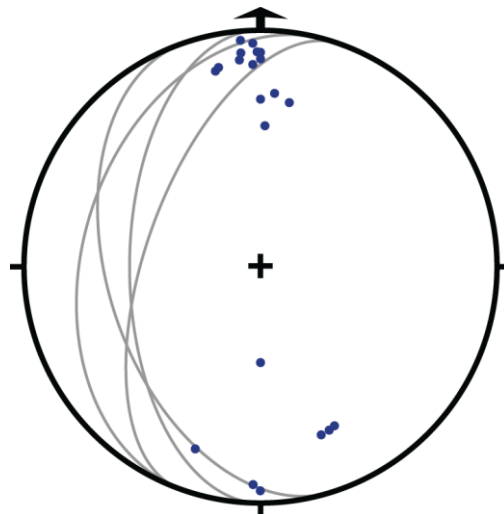
Parazitske F1 bore drugog reda predstavljene su asimetričnim borama S-tipa u normalnom i Z-tipa u prebačenom krilu. One su mezoskopskih dimenzija, najčešće u rasponu od par metara do desetak metara. Najbolje su razvijene u permo-trijaskim klastičnim stijinama, pojedinim dobro uslojenim horizontima unutar trijaskih stijena te u uslojenim jurskim pelagičkim vapnencima. U pravilu, zbog prekrivenosti terena vegetacijom nije moguće pratiti pružanje ovih bora na udaljenostima većim od izdanka na kojem su zapažene.

F1 bore trećeg reda najčešće su i najbolje razvijene u jurskim pelagičkim tanko uslojenim do laminiranim vapnencima, poglavito u vršnom djelu slijeda koji završava u najstarijoj kredi. To su asimetrične bore S i Z-tipa (*Slika 6-5*), mezoskopskih dimenzija, najčešće u rasponu od par centimetara do 20 centimetara, rjeđe i do par metara.

Osi F1 bora drugog i trećeg reda su pretežito s pružanjem S-J, većinom tonu prema sjeveru, ali dijelom i prema jugu (*Slika 6-6*).



*Slika 6-5. F1 asimetrične bore trećeg reda S-tipa razvijene u tankoslojenim do laminiranim pelagičkim jurskim vapnencima šireg područja brda Kik (574 m). Lokacije: a)  $45^{\circ}36'52,9''N$ ,  $17^{\circ}18'27,3''E$ ; b, c, d)  $45^{\circ}36'49,7''N$ ,  $17^{\circ}18'28,7''E$ .*



*Slika 6-6. Stereografska projekcija orijentacije osi asimetričnih bora F1 S i Z-tipa (plavi polovi) njihovih osnih ploha API (sivi tragovi) izmjerenih u jurskim naslagama na području zapadnog Papuka.*

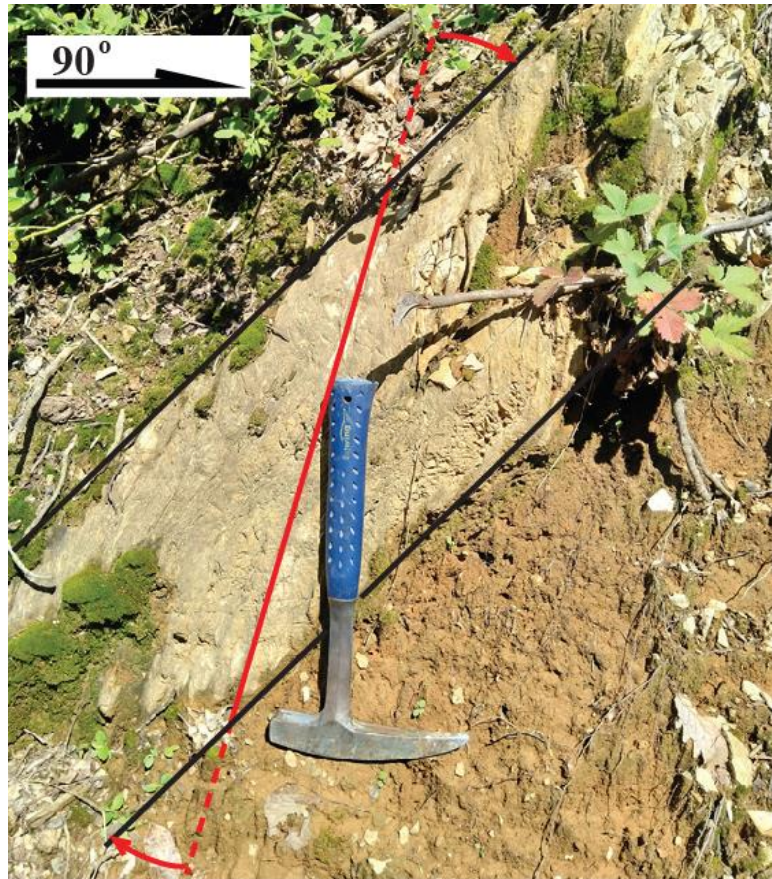


### 6.2.1.2. Klivaž S1 u permsko-mezozojskim naslagama

Boranje i postanak F1 bora praćeno je formiranjem klivaža osne plohe koji je u ovom radu oznaćen sa S1. U zonama maksimalne zakrivljenosti bora F1 drugog reda, klivaž S1 je paralelno orijentiran s osnim plohama AP1 bora F1, pa je stoga ovaj klivaž i definiran kao klivaž osne plohe S1. U slučaju kada je na izdancima bilo moguće prepoznati slojevitost i klivaž S1 u pelitnim intervalima permsko-mezozojskim naslagama, orijentacija osi bora F1 proraćunata je kao presjećnica klivaža osne plohe S1 i slojevitosti  $S_0$ . Ućestalost pojavljivanja klivaža S1 i njegova izraćenost uvelike ovise o reološkim znaćajkama stijena, odnosno o sastavu i debljini slojeva u kojima je klivaž S1 razvijen. Tako je najbolje razvijen u rijetkim paketima ili proslojcima šejlova unutar dolomita (*Slika 6-7*) te u vršnom djelu jurskih pelagićkih laminiranih vapnenaca, i to kao set ravnih ploha milimetarskog do centimetarskog razmaka i malog kuta nagiba u odnosu na slojne plohe (*Slika 6-8*). Mjestimićno se loše razvijen klivaž zapaža u dolomitima starijeg i srednjeg trijasa. Ondje je klivaž razvijen kao set ravnih ploha centimetarskog do decimetarskog razmaka i puno strmijeg nagiba u odnosu na slojne plohe. Mjestimićno je prostor između ploha klivaža zapunjen kalcitom. Na mjestima gdje su u kontaktu tanko uslojeni peliti s deblje uslojenim dolomitima ili krupno klastićnim stijenama permo-trijasa, zapažena je i refrakcija klivaža S1 zbog nagle promjene u kompetentnosti ovih sedimentnih stijena.

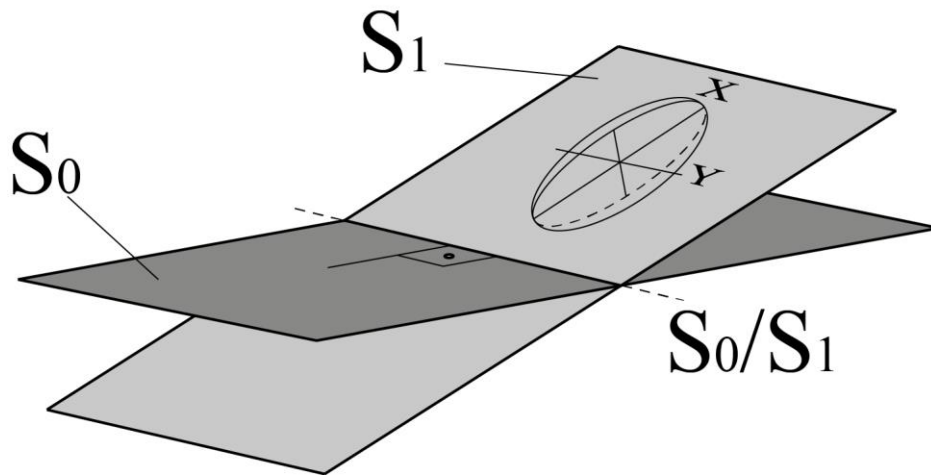


*Slika 6-7. Izdanak tanko laminiranih srednjotrijaskih crnih šejlova u kamenolomu Batinjska Rijeka. Vidljiva je subvertikalna slojevitost  $S_0$  (crne linije) i klivaž osne plohe S1 (crvena linija) koji upućuje na to da je ovaj sloj dio prebaćenog krila bore s vergencijom na istok.*



*Slika 6-8. Izdanak na kojem se jasno vidi slojevitost  $S_0$  (crne linije) u jurskim vapnencima i klivaž osne plohe  $S_1$  (crvena linija). S obzirom da je klivaž osne plohe strmije nagnut u odnosu na slojevitost, ovaj sloj interpretiran je kao dio normalnog krila bore. Crvene strelice pokazuju rekonstruirani smjer zatvaranja strukture pri čemu se sloj zatvara u antiklinalu u smjeru istoka, a u sinklinalu u smjeru zapada. Lokacija:  $45^{\circ}36'53,4''N$ ,  $17^{\circ}18'41''E$ .*

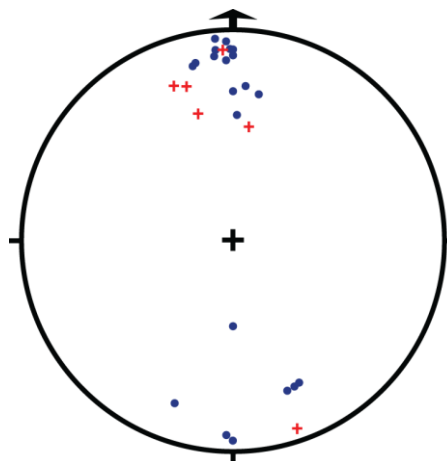
Valutice u konglomeratima donjeg paketa permo-trijaskih naslaga vrlo rijetko pokazuju preferiranu orijentaciju. Ipak sporadično, kao npr. na izdanku u izvorišnom dijelu rijeke Toplice, zapažene su u rasporedu koji ukazuje ili na njihovu imbrikaciju ili njihov položaj koji je moguće posljedica deformacije ovih stijena, jer se pokazalo da su najdulje osi valutica položene paralelno ravnini klivaža  $S_1$  izmjerene u pelitnim stijenama koje u istom slijedu naslaga dolaze naviše iznad paketa konglomerata. Time se došlo do zaključka da je ovakav raspored i oblik valutica moguće posljedica deformacije konglomerata njihovim zbijanjem okomito na ravninu klivaža  $S_1$ , odnosno izduženjem paralelno ravnini klivaža  $S_1$  (*Slika 6-9*).



*Slika 6-9. Skica koja objašnjava prostorni položaj i orijentaciju zbijenih valutica u permotrijaskim konglomeratima u izvorišnom djelu rijeke Toplice koje su orijentirane paralelno s klivažem S1 zabilježenim u krovinskim pelitnim naslagama. Pretpostavljeno je da su valutice pod utjecajem deformacije poprimile elipsoidan oblik s najkraćom osi z koja je okomita na ravninu klivaža osne plohe S1.*

#### 6.2.1.3. Lineacija presjeka L1 u permsko-mezozojskim naslagama

Lineacija presjeka L1 zamijećena je tek sporadično na rijetkim mjestima gdje u permsko-mezozojskim sedimentima postoji dobro razvijena slojevitost S<sub>0</sub> i klivaž osne plohe S<sub>1</sub>. Orijentacije mjerenih lineacija presjeka L1 paralelne su do subparalelne osima bora F1 (*Slika 6-10*).



*Slika 6-10. Stereografska projekcija s polovima osi bora F1 (plavi krugovi) i polovima lineacije presjeka L1 (crveni plusevi).*

#### 6.2.1.4. Reversni rasjedi i smične zone S<sub>R1</sub> u permsko-mezozojskim naslagama

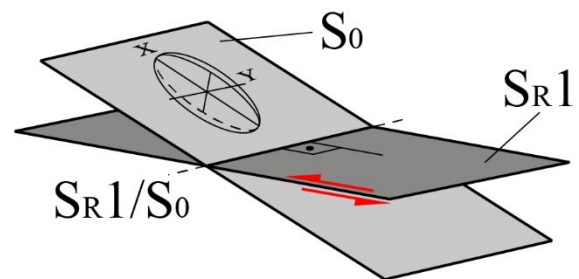
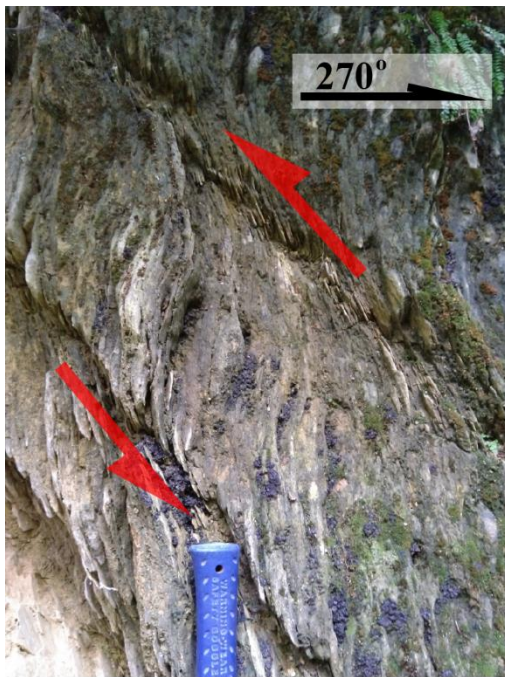
U krilima F1 bora unutar permsko-mezozojskih stijena zapadnog Papuka, mjestimično se pojavljuju smične zone, ponajviše u seriji pelagičkih jurskih vapnenaca. Smične zone čini



niz paralelno orijentiranih rasjednih ploha s reversnim karakterom pomaka, na međusobnom razmaku od nekoliko decimetara, blago do umjereno nagnute prema zapadu (*Slika 6-11*). Diferencijalno smicanje po susjednim rasjednim ploham dovelo je do sigmoidalnog boranja slojeva (*Slika 6-12*). U istom području mjestimično se zapažaju plohe slojevitosti po kojima je došlo do smicanja pri čemu su nastale plohe masnog sjaja bogate glinovitim materijalom. Mjerene orijentacije strija i lineacija izduženja vlaknastih minerala po smičnim pukotinama i reversnim rasjedima ovog tipa ukazuju na transport krovine prema istoku, okomito na pravac pružanja osi bora F1. Ovakve strukture najbolje se mogu promatrati na širem području brda Kik u sklopu prebačene megaskopske sinklinale Kik – Petrov vrh čija oba krila tonu prema zapadu, odnosno ukazuju na smjer tektonskog transporta prema istoku. Iste strukture opisane su u *JAMIČIĆ (1988)* gdje su granične plohe ovih smičnih zona interpretirane kao klivaž osne po čijim je plohama kasnije tijekom kulminacije kompresijskih pokreta došlo do smicanja, vjerojatno iz razloga što su smične plohe paralelno orijentirane s osnim ploham megaskopskih bora F1.



*Slika 6-11. Smične zone  $S_{R1}$  s izraženim sigmoidalnim boranjem slojevitosti  $S_0$  u tankoslojenim do laminiranim jurskim pelagičkim vapnencima šireg područja brda Kik (574 m). Lokaliteta:  $45^{\circ}37'15,1''N$ ,  $17^{\circ}18'41,6''E$ .*



*Slika 6-12. Detalj sa slike 6-10 koji prikazuje smičnu zonu u tankouslojenim do laminiranim jurskim pelagičkim vapnencima. Strelice pokazuju smjer smicanja i translaciju krovine u smjeru istoka. Skica desno prikazuje rekonstrukciju smjera smicanja, odnosno tektonskog transporta po smičnim plohama  $S_{R1}$ , i pripadajući elipsoid deformacije (prema MOORES & TWISS, 1995).*



### 6.3. Strukturna analiza neogenskih i plio-kvartarnih struktura zapadnog Papuka

U prvom djelu ovog poglavlja opisane su glavne strukturne značajke deformacijskih struktura mezoskopskog i megaskopskog mjerila. One su zabilježene terenskim istraživanjima i mjerenjem strukturnih elemenata u stijenama predmezozojske kristalinske podloge, permsko-mezozojskim naslagama te neogenskim sedimentima. U drugom djelu poglavlja opisane su glavne strukturne značajke zapažene na interpretiranim 2D refleksijskim seizmičkim profilima.

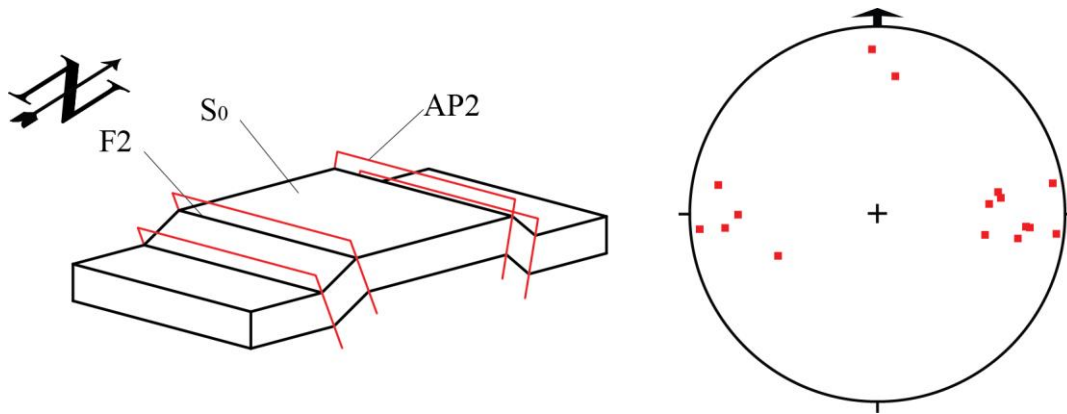
#### 6.3.1. D<sub>2</sub> – kasno miocenske i plio-kvartarne deformacijske strukture

##### 6.3.1.1. Koljenaste bore F2 u stijenama predmezozojske kristalinske podloge

Koljenaste bore F2 sačuvane su isključivo u stijenama nižeg stupnja metamorfizma s dobro izraženom škriljavosti na ujednačenom milimetarskom razmaku (*Slika 6-13*). Mjerene osi tih bora pružaju se po pravcu I – Z, a njihove osne ravnine tonu i prema sjeveru i prema jugu (*Slika 6-14*). Veličina koljenastih bora F2 više-manje je ujednačena, u pravilu su centimetarskih dimenzija.



*Slika 6-13. Koljenasta bora F2 u tankouškriljenim stijenama niskog stupnja metamorfizma. Lokalizet: 45°29'16,2"N, 17°20'25,8"E.*



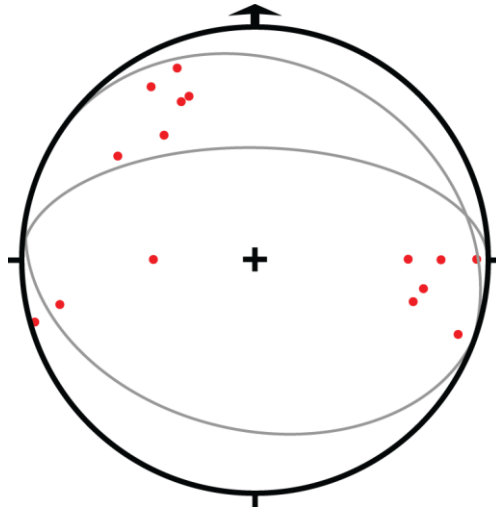
**Slika 6-14.** Shematski prikaz geometrije koljenastih bora F2 i stereogram koji prikazuje orijentaciju osi ovih bora zabilježenih u stijenama predmezozojske kristalinske podloge šire okolice Kamenskog Vučjaka.

Prema literaturnim podacima (npr. *DAVIS & REYNOLDS, 1996*), koljenaste bore nastaju gotovo isključivo u stijenama koje obilježava izražena planarna anizotropija, kao što je npr. u sedimentnim stijenama slojevitost i laminacija, a u metamorfnim stijenama klivaž ili škrljavost. Iz toga proizlazi da je generacija F2 koljenastih bora zabilježena u stijenama predmezozojske kristalinske podloge najvjerojatnije nastala nakon metamorfnih promjena koje su u ovim stijenama dovele do formiranja škrljavosti.

### 6.3.1.2. Koljenaste bore F2 u permsko-mezozojskim naslagama

Unutar permsko-mezozojskih naslaga koljenaste bore prisutne su samo u tanko uslojenim do laminiranim pelagičkim jurskim vapnencima, a prostorno su najvećim djelom ograničene na šire područje brda Kik (574 m) odnosno uz sjeverni rub zapadnog Papuka, dok u centralnim dijelovima na širem području Petrovog Vrha (614 m) i potoka Stančevac one nisu zapažene.

Veličina ovih F2 bora više-manje je ujednačena, u pravilu su centimetarskih dimenzija. Na mnogim izdancima jurskih vapnenaca prisutne su koljenaste bore F2 skupa sa borama F1 trećeg reda pa je pomnim promatranjem njihova međusobna odnosa bilo moguće odrediti relativnu starost tih dviju generacija. Utvrđeno je da su asimetrične bore F1 trećeg reda deformirane oko osi koljenastih bora F2, odnosno da se boranje F2 moralo dogoditi nakon što su asimetrične bore F1 trećeg reda već bile formirane. Osi koljenastih bora F2 generalnog su pružanja I – Z do SZ – JI (*Slika 6-15*). Morfologija F2 bora je izrazito koljenasta, redovito s asimetričnim, duljim i blago nagnutim krilima, u odnosu na kraća i strmije nagnuta krila (*Slika 6-16*).



*Slika 6-15. Stereografska projekcija (mreža jednakih površina, donja polukugla) orijentacije osi koljenastih bora F2 (crveni polovi) i njihovih osnih ploha AP2 (sivi tragovi).*



*Slika 6-16. Koljenaste bore F2 u jurskim tankouslojenim i laminiranim pelagičkim vapnencima šireg područja brda Kik (574 m) na zapadnim obroncima Papuka. Lokacije: a,b) 45°36'52,9"N, 17°18'27,3"E; c,d) 45°36'52,9"N, 17°18'37,7"E.*

### 6.3.1.3. Megaskopske bore F2 u neogenskim naslagama

Bore F2 generacije na terenu se u neogenskim naslagama pojavljuju gotovo isključivo kao megaskopske strukture veličine više stotina metara pa do par kilometara. Po svojoj geometriji one spadaju u kose i prebačene bore s vergencijom generalno prema sjeveru odnosno prema sjever-sjeveroistoku. Najčešće su na terenu sačuvane samo sinklinale tih bora, dok su antiklinale naknadno erodirane. Odličan primjer ove generacije bora je asimetrična sinklinala Kuzma, razvijena između dva reversna rasjeda s pružanjem I – Z, čija se jezgra nalazi na širem području istoimenog sela, a pružanje njene osi je također I – Z (*Prilog 1 i Slika 2-1*). Njezino južno krilo reducirano je reversnim rasjedom, koji dovodi granitoide predmezozojske kristalinske podloge u strukturni položaj iznad neogenskih naslaga. Rezultat tako intenzivne tektonike manifestira se u obliku subvertikalnih do lokalno prebačenih srednjomiocenskih slojeva južnog krila sinklinale Kuzma (*Prilog 1*). Prema strukturnim mjerenjima unutar miocenskih sedimenata u središnjem masivu zapadnog Papuka, zaključeno je da su te izolirane pojave zapravo erozijski ostaci bora, točnije jezgri sinklinala generalnog pružanja I – Z, a čija su južna krila reducirana reversnim rasjedima. Bore koje se nalaze u podinskim blokovima reversnih rasjeda i čija su južna krila reducirana tim rasjedima su u pravilu asimetrične za razliku od bora kojima južna krila nisu rasjednuta i koje su simetrične. Ovim boranjem zahvaćene su naslage donjeg, srednjeg i gornjeg miocena, a lokalno i naslage plio-kvartara.

### 6.3.1.4. Reversni i strike-slip rasjedi Sr2 u neogenskim naslagama

Reversne rasjede Sr2 unutar neogenskih sedimenata je rijetko bilo moguće direktno osmatrati na terenu, no orijentacija slojeva u sedimentnim stijenama, dominantna folijacija ili škriljavost u stijenama kristalinske podloge te direktni kontakti jedinica koje se stratigrafski ne nalaze jedna na drugoj, jasno ukazuju na njihovo postojanje pa čak i na njihovu geometriju. Pružanje tih reversnih rasjeda generalno je I – Z, a tonu prema jugu. Ovim rasjedima su starije stijene dovedene u strukturni položaj preko mlađih sa smjerom tektonskog transporta koji je u pravilu prema sjeveru. Tek lokalno, u najzapadnijim dijelovima Papuka u okolici Daruvara i Sirača, pružanje ovih rasjeda povija prema jugozapadu pa se na taj način mijenja i njihova vergencija. Ovim rasjedanjem zahvaćene su kompletno naslage miocena, a na pojedinim mjestima i kvartarne naslage koje su tako dovedene u strukturno niži položaj pod starije neogenske sedimente (*Slika 6-17*).



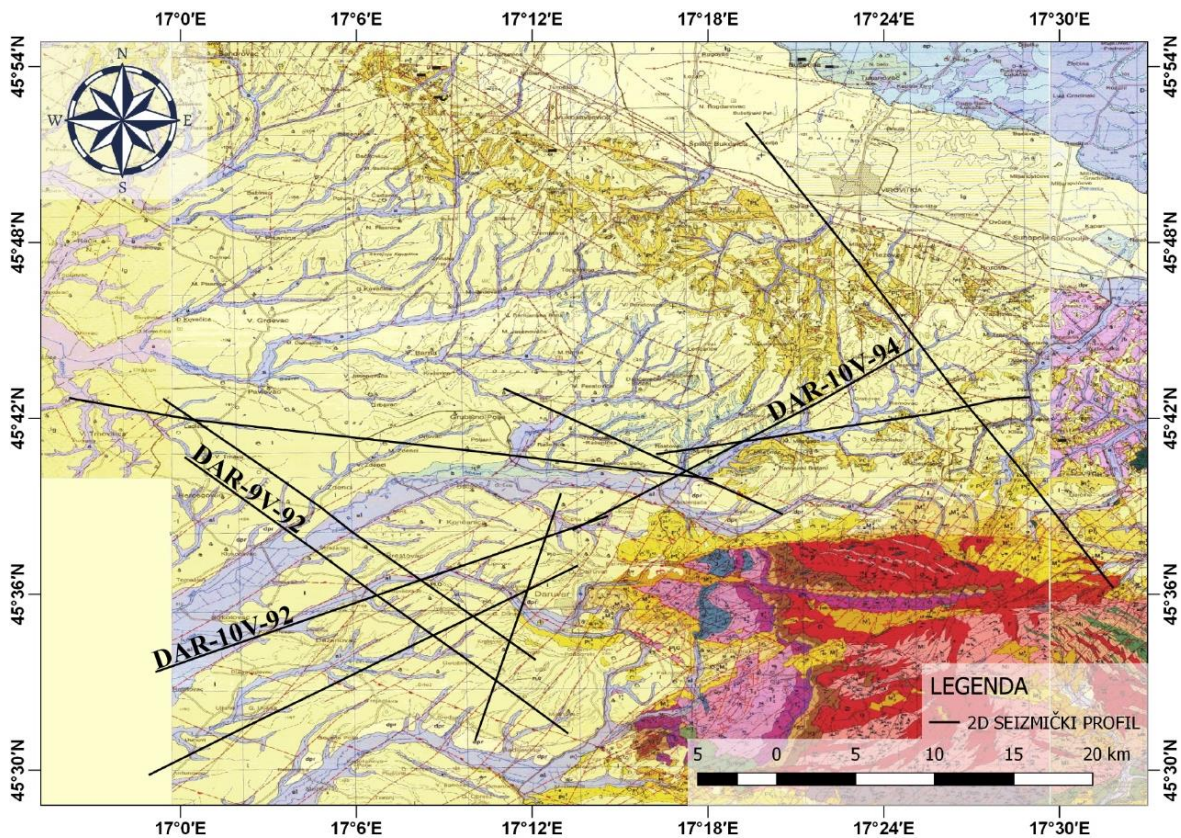


*Slika 6-17. Voćinski reversni rasjed koji na ovom lokalitetu dovodi panonske Banatica naslage u strukturno višu poziciju iznad kvartarnih aluvijalnih konglomerata potoka Jovanovica. Lokalitet: Veliki novoiskopani usjek u dolini potoka Jovanovica nedaleko Voćina (45°37'05.2"N 17°31'40.7"E).*

Osim opisanih reversnih rasjeda, na OGK listovima Daruvar (*JAMIČIĆ, 1989*) i Orahovica (*JAMIČIĆ & BRKIĆ, 1987*) prikazani su brojni rasjedi pružanja SI – JZ s lijevim karakterom pomaka. Međutim, terenskim istraživanjima u okviru izrade ovog rada, takvi rasjedi nisu zapaženi unatoč svim uložnim naporima da se terenski dokumentiraju.

## 6.4. Strukturne značajke na reprezentativnim 2D refleksijskim seizmičkim profilima

Analiza deformacijskih struktura otkrivenih terenskim istraživanjima pokazala je da su prisutne mezoskopske i megaskopske strukture većinom nastale u kompresijskom režimu naprezanja za vrijeme zadnjeg stadija strukturnog razvoja zapadnog Papuka. Deset 2D refleksijskih seizmičkih profila koji su interpretirani u sklopu izrade ovog rada, omogućili su uvid u strukture nastale sinsedimentacijskom ekstenzijskom tektonikom, koje su zbog naknadne bazenske inverzije, a osobito u rubnim dijelovima gorja, u najvećoj mjeri zamaskirane mlađim kompresijskim strukturama. 2D refleksijski seizmički profili su raspoređeni u nepravilnoj mreži zapadno i sjeverozapadno od Papuka odnosno u istočnim dijelovima Bjelovarske subdepresije te u istočnom dijelu Bilogore s prijelazom u Dravsku depresiju. Položaj profila prikazan je na *slici 6-18*.

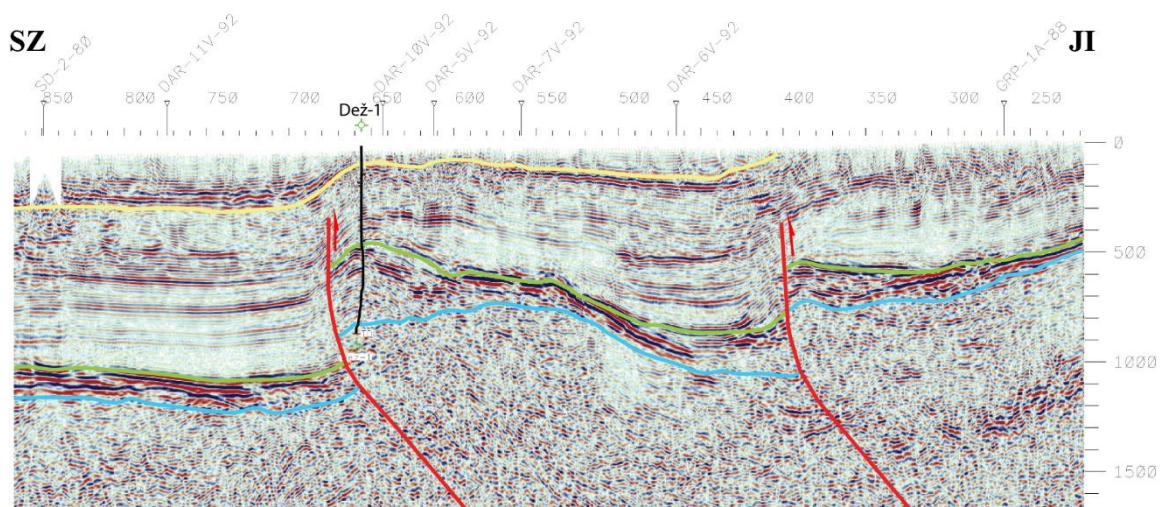


*Slika 6-18.* Položaj 2D refleksijskih seizmičkih profila korištenih u ovome radu. Podloga je Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000 listovi Virovitica (GALOVIĆ & MARKOVIĆ, 1979), Podravska Slatina (MARKOVIĆ, 1985), Daruvar (JAMIČIĆ, 1989) i Orahovica (JAMIČIĆ & BRKIĆ, 1987).



#### 6.4.1. Refleksijski seizmički profil DAR-9V-92

Ovaj refleksijski seizmički profil nalazi se u krajnjem istočnom djelu Bjelovarske subdepresije (*Slika 6-18*). Pružanje mu je SZ – JI, a prolazi nedaleko bušotine DEŽ-1 (Dežanovac-1) čije ušće se nalazi na 163 m. Bušotina DEŽ-1 nabušila je podlogu plio-kvartarnih naslaga na relativnoj dubini od 185 m, podlogu panonskih naslaga na relativnoj dubini od 532 m te podlogu neogena na relativnoj dubini od 1095 m. Podloga neogenskih naslaga izgrađena je od kasnodijagenetskih dolomita najvjerojatnije trijaskе starosti koji su zastupljeni do dna bušotine na relativnoj dubini od 1211 m. Na profilu su interpretirana sva tri navedena stratigrafska horizonta (*Slika 6-19*). Podloga plio-kvartarnih naslaga može se kontinuirano pratiti po cijelom profilu idući od sjeverozapada prema jugoistoku, gdje u SZ krilu Daruvarske antiklinale izlazi na površinu terena, dok su ostala dva stratigrafska horizonta na dva mjesta prekinuti vrlo jasno vidljivim reversnim rasjedima koji tonu prema jugoistoku. U krovinskim krilima ovih rasjeda formirane su asimetrične antiklinale, Dežanovačka u SZ dijelu i Daruvarska u JI dijelu profila (*Slika 6-19*).



*Slika 6-19. 2D refleksijski seizmički profil DAR-9V-92 s interpretiranim stratigrafskim horizontima i Dežanovačkim (lijevi) i Daruvarskim (desni) reversnim rasjedom. Plavi horizont predstavlja podlogu tercijsara, zeleni podlogu panona i žuti podlogu pliocena i kvartara. Vertikalno mjerilo izraženo je u dvostrukom vremenu putovanja valova  $2t$  [ms].*

Reversni rasjed u čijem krovinskom krilu je formirana Dežanovačka antiklinala nazvan je Dežanovački rasjed, dok je drugi reversni rasjed koji se nalazi neposredno jugoistočno od Dežanovačkog nazvan Daruvarski rasjed te je shodno tomu antiklinala u

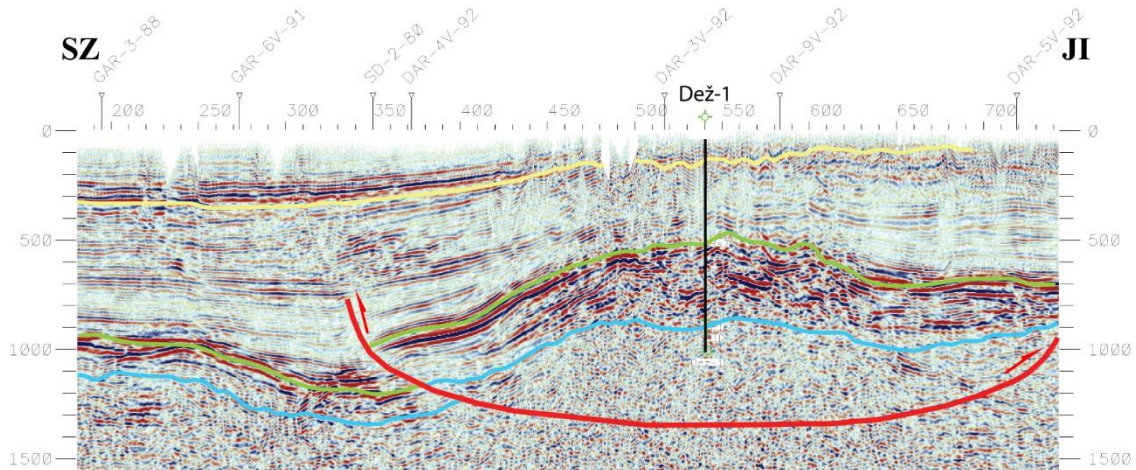
njegovom krovinskom krilu nazvana Daruvarska antiklinala. U Dežanovačkoj i Daruvarskoj antiklinali deformiran je kompletan slijed neogenskih i kvartarnih naslaga, a oblik antiklinala najvjerojatnije se odražava i na samoj površini terena u obliku lokalnih uzvišenja odnosno brda. Spomenuti reversni rasjedi ne dosežu do površine terena pa se stoga postanak ovih antiklinala može objasniti pomoću tzv. „*fault propagation*“ tipa boranja. U sjeverozapadnom, odnosno podinskom krilu Dežanovačkog rasjeda svi stratigrafski horizonti su subhorizontalni i gotovo neporemećeni. U njegovom krovinskom krilu, debljina donjo i srednjomiocenskih naslaga je znatno veća od njihove debljine u podinskom krilu. Ovu pojavu moguće je objasniti ako pretpostavimo da je u svojem inicijalnom stadiju, Dežanovački rasjed bio aktiviran kao rasjed s normalnim karakterom pomaka u čijem su se krovinskom krilu uslijed otvaranja akomodacijskog prostora taložili sintektonski donjo i srednjomiocenski sedimenti. Nadalje, u tjemenu djelu Dežanovačke antiklinale zamjećuje se manja debljina gornjomiocenskih i plio-kvartarnih naslaga nego u susjednim sinklinalama. Ova pojava govori da je do tektonske inverzije Dežanovačkog rasjeda iz rasjeda s normalnim u rasjed s reversnim pomakom došlo za vrijeme mlađeg miocena, te da su rasjedanje i rast antiklinale u njegovom krovinskom krilu bili istovremeni za vrijeme taloženja gornjomiocenskih i plio-kvartarnih naslaga. Slična tendencija razlika u debljini neogenskih i kvartarnih naslaga zamjećuje se i kod Daruvarskog rasjeda i antiklinale. U krovinskom krilu Daruvarskog rasjeda svi stratigrafski horizonti su nagnuti prema sjeverozapadu s tendencijom pojavljivanja na površini prema jugoistoku, što se u konačnici i ostvaruje na krajnjim zapadnim padinama Papuka.

#### **6.4.2. Refleksijski seizmički profil DAR-10V-92**

Refleksijski seizmički profil DAR-10V-92 geografski je smješten na istom području kao i profil DAR-9V-92 te prolazi kroz bušotinu DEŽ-1, ali njegova orijentacija je bitno drugačija (*Slika 6-18*). Ovaj profil orijentiran je po pravcu SI – JZ dijagonalno na profil DAR-9V-92, te približno uzdužno na pretežito pružanje I – Z neogenskih naslaga na površini. Na ovom kao i prethodnom profilu također su interpretirana sva tri stratigrafska horizonta (*Slika 6-20*). U jugozapadnom djelu ovog profila Dežanovački rasjed presjeca reflekse koji odgovaraju podlozi miocenskih i podlozi panonskih naslaga. U njegovom krovinskom krilu ponovno se zapaža veća debljina donjomiocenskih naslaga u odnosu na te iste naslage u njegovom podinskom krilu. Također, u krovinskom krilu ovog rasjeda je manja debljina gornjomiocenskih i plio-kvartarnih naslaga koje čine tjeme Dežanovačke



antiklinale u odnosu na susjedne sinklinale. Ovakva varijacija u debljini naslaga ponovno ukazuje na sintektonsko taloženje naslaga, najprije za vrijeme normalne aktivnosti ovog rasjeda, a potom i za vrijeme njegove inverzije tijekom gornjeg miocena i plio-kvartara. Lokalno, debljine donjomiocenskih sedimenata također variraju što je najvjerojatnije posljedica taloženja tih naslaga na vrlo razvedenu površinu paleoreljeva.

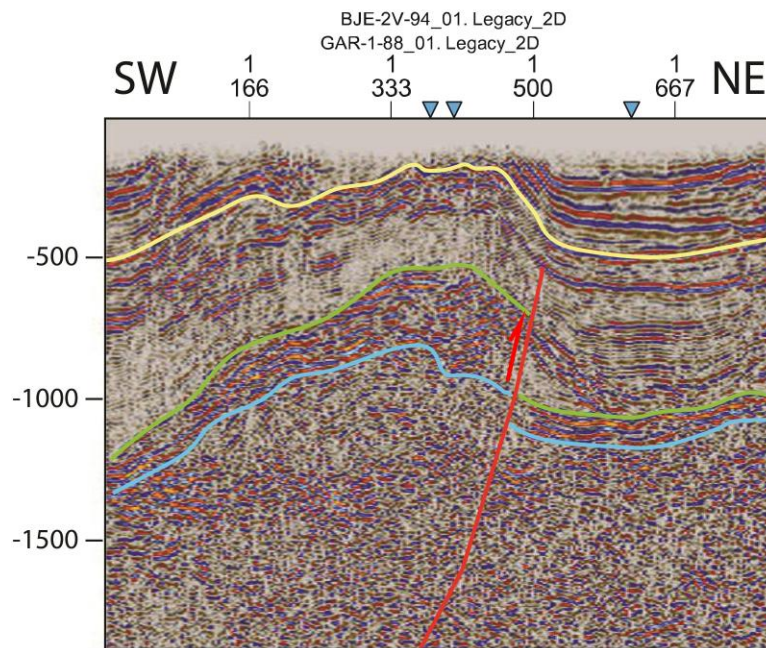


**Slika 6-20.** 2D seizmički profil DAR-10V-92 s interpretiranim horizontima i tragom Dežanovačkog reversnog rasjeda. Plavi horizont predstavlja podlogu tercijara, zeleni podlogu panona i žuti podlogu pliocena i kvartara. Vertikalno mjerilo izraženo je u dvostrukom vremenu putovanja valova  $2t$  [ms].

#### 6.4.3. Refleksijski seizmički profil DAR-10V-94

Ovaj refleksijski seizmički profil smješten je uz krajnji sjeverozapadni rub Papuka. Njegovo pružanje je SI – JZ te se nadovezuje na sjeveroistočni kraj profila DAR-10V-92 (**Slika 6-18**). Na ovom refleksijskom profilu su interpretirana sva tri stratigrafska horizonta. Stratigrafski horizonti koji predstavljaju podlogu neogenskih i podlogu panonskih naslaga prekinuti su jasno vidljivim reversnim rasjedom koji predstavlja dominantnu strukturu na ovom profilu, a u ovom radu nazvan je Miletinačkim rasjedom (**Slika 6-21**). U krovinskom krilu Miletinačkog rasjeda, debljina donjomiocenskih naslaga znatno je veća nego ona u podinskom krilu toga rasjeda. To ukazuje da je Miletinački rasjed za vrijeme starijeg miocena bio rasjed s normalnim karakterom pomaka u čijem je krovinskom krilu došlo do otvaranja akomodacijskog prostora i taloženja sintektonskih donjomiocenskih sedimenata. Podloga plio-kvartarnih naslaga može se pratiti kontinuirano po cijeloj dužini profila i nije prekinuta ovim rasjedom, jer on ne izlazi na površinu, ali su ove naslage deformirane boranjem u njegovom krovinskom krilu. Udaljavanjem prema bočnim sinklinalama debljina

plio-kvartarnih sedimenata se povećava što također ukazuje na aktivnost kompresijske tektonike za vrijeme taloženja tih sedimenata. Ovakav tip boranja kojim se bore razvijaju u krovinskom bloku reversnog rasjeda koji ne dopire na površinu naziva se „*fault propagation*“ tipa boranja. Sličan razvoj karakterističan je za Dežanovački i Daruvarski rasjed. Miletinački rasjed pojavljuje se i na profilima VIR-6-76, BJE-2V-94 i GAR-1-88 pa je njegovom ekstrapolacijom dobiveno pružanje po pravcu SI – JZ, sa smjerom tektonskog transporta prema S do SZ.



**Slika 6-21.** 2D seizmički profil DAR-10V-94 s interpretiranim stratigrafskim horizontima i Miletinačkim reversnim rasjedom. Plavi horizont predstavlja podlogu tercijara, zeleni podlogu panona i žuti podlogu pliocena i kvartara. Vertikalno mjerilo izraženo je u dvostrukom vremenu putovanja valova  $2t$  [ms].

U jugoistočnom, odnosno krovinskom krilu ovog rasjeda, od tjemena Miletinačke antiklinale miocenske i plio-kvartarne naslage tonu kontinuirano na JI s tendencijom pojavljivanja na površini prema SZ. Miletinačka antiklinala se u reljefu odražava kao uzvišenje na području Velikog i Malog Miletinca, a Miletinački rasjed nalazi se uz sami sjeverozapadni rub spomenutog brda odnosno uz rub doline rijeke Ilove. Na ovaj način vidljiv je odraz geološke građe podzemlja na reljef odnosno površinu terena.

## 6.5. Opis konstruiranih geoloških profila

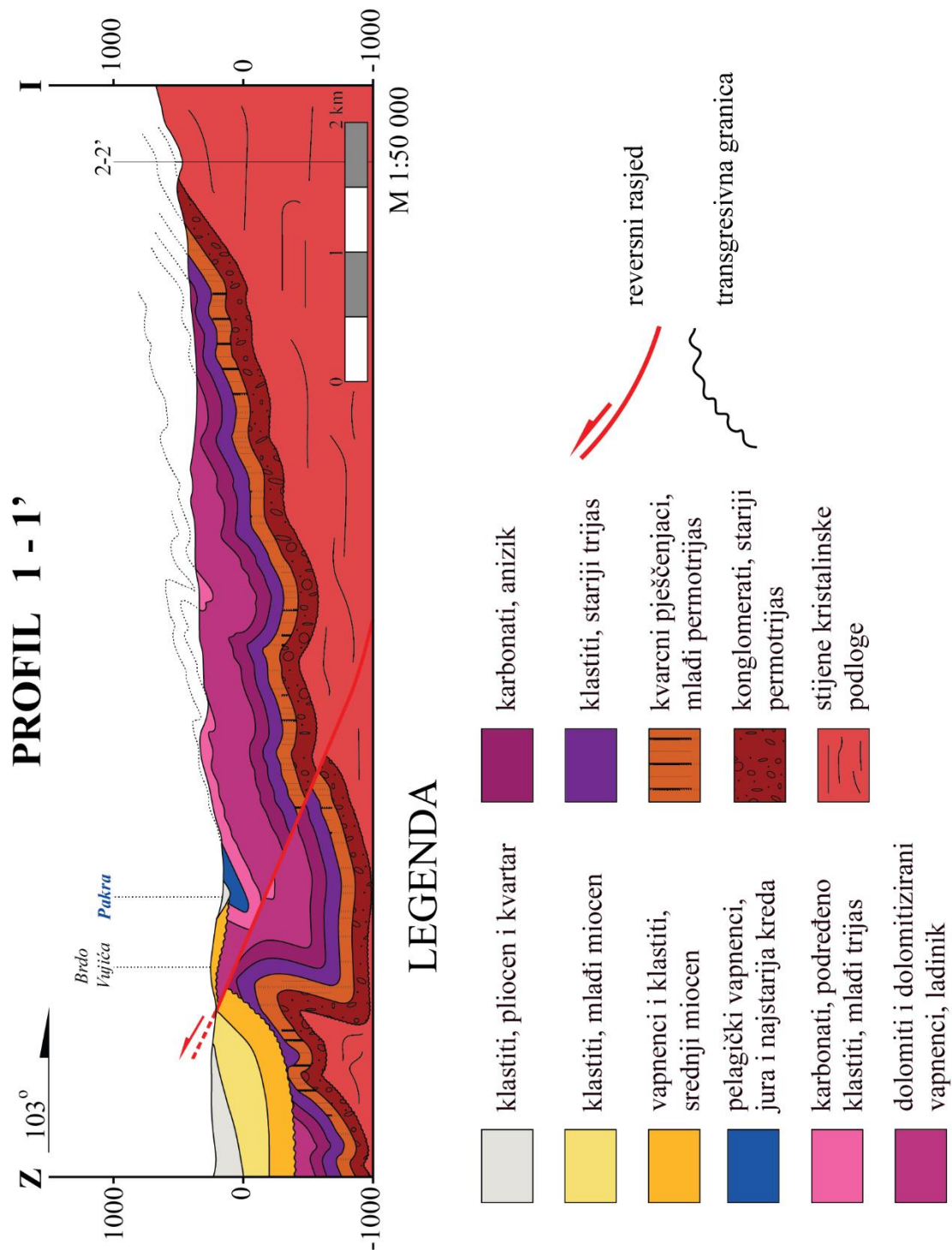
Konstruirana su tri geološka profila pri čemu su korišteni podaci prikupljeni terenskim istraživanjima, interpretacijom 2D refleksijskih seizmičkih profila u kombinaciji s podacima prikazanim na OGK lista Daruvar (*JAMIČIĆ, 1989*). Svaki od profila smješten je i orijentiran na način da najbolje prikaže geološke odnose i deformacijske strukture na čije je pružanje poprečan. Profil 1 – 1' orijentiran je na način da vjerodostojno prikaže deformacijske strukture nastale tektonskim pokretima tijekom najmlađe krede i paleogena, a profili 2 – 2' i 3 – 3' su orijentirani poprečno na pružanje deformacijskih struktura nastalih tijekom neogena i kvartara. Položaj profila naznačen je na geološkoj karti u *Prilogu 1*.

### 6.5.1. Geološki profil 1 – 1'

Geološki profil je duljine 8,42 km s azimutom prema 103°. Započinje jugoistočno od mjesta Pakrani i proteže se do Draganca, sjeverno od vrha Veliki Javornik (718 m), čime je zahvatio južno krilo sinklinale Pakrani – Donji Borki te i kompletan razvoj permsko-mezozojskih naslaga koje transgresivno naliježu na stijene kristalinske podloge (*Slika 6-22*). Na profilu je vidljivo intenzivno boranje permsko-mezozojskih naslaga u obliku dviju prebačenih bora čija prebačena krila padaju prema zapadu sugerirajući njihovu vergenciju prema istoku. S obzirom da je područje kojim prolazi profil 1-1' na površini vrlo dobro dokumentirano mjerenjima položaja slojeva u permsko-mezozojskim naslagama, konstrukcija geometrije spomenutih bora je vrlo jednostavna. Na zapadnom kraju profila nalazi se sinklinala Pakrani – Donji Borki koja se pruža dijagonalno u odnosu na profil po pravcu SI – JZ, a čiju jezgru izgrađuju miocenske naslage. Njezino jugoistočno krilo rasjednuto je Siračkim rasjedom. Taj rasjed rekonstruiran je kao rasjed s reversnim karakterom pomaka koji dolomite i vapnence trijasa i jure te na njih transgresivne naslage badena, dovodi u strukturno višu poziciju preko sedimenata gornjeg miocena u jugoistočnom krilu sinklinale Pakrani – Donji Borki. Osnovni elementi na temelju kojih su pretpostavljeni geometrija i karakter Siračkog rasjeda su:

- sličan strukturni odnos između reversnih rasjeda i južnih krila sinklinale čije jezgre izgrađuju miocenske naslage kakav je zabilježen i u drugim sinklinalama na području zapadnog Papuka, ali u ovom slučaju s drugačijom vergencijom

- nalazi parazitskih F2 bora S i Z-tipa metarskih dimenzija čije se osi pružaju paralelno pružanju Siračkog rasjeda, a nalaze se u krovinskom bloku rasjeda unutar trijaskih dolomita i proslojaka šejlova koje ukazuju na njegovu sjeverozapadnu vergenciju
- 2D refleksijski seizmički profili u okolici Daruvara i Sirača ukazuju na postojanje reversnih rasjeda pružanja SI – JZ što odgovara pružanju Siračkog rasjeda.



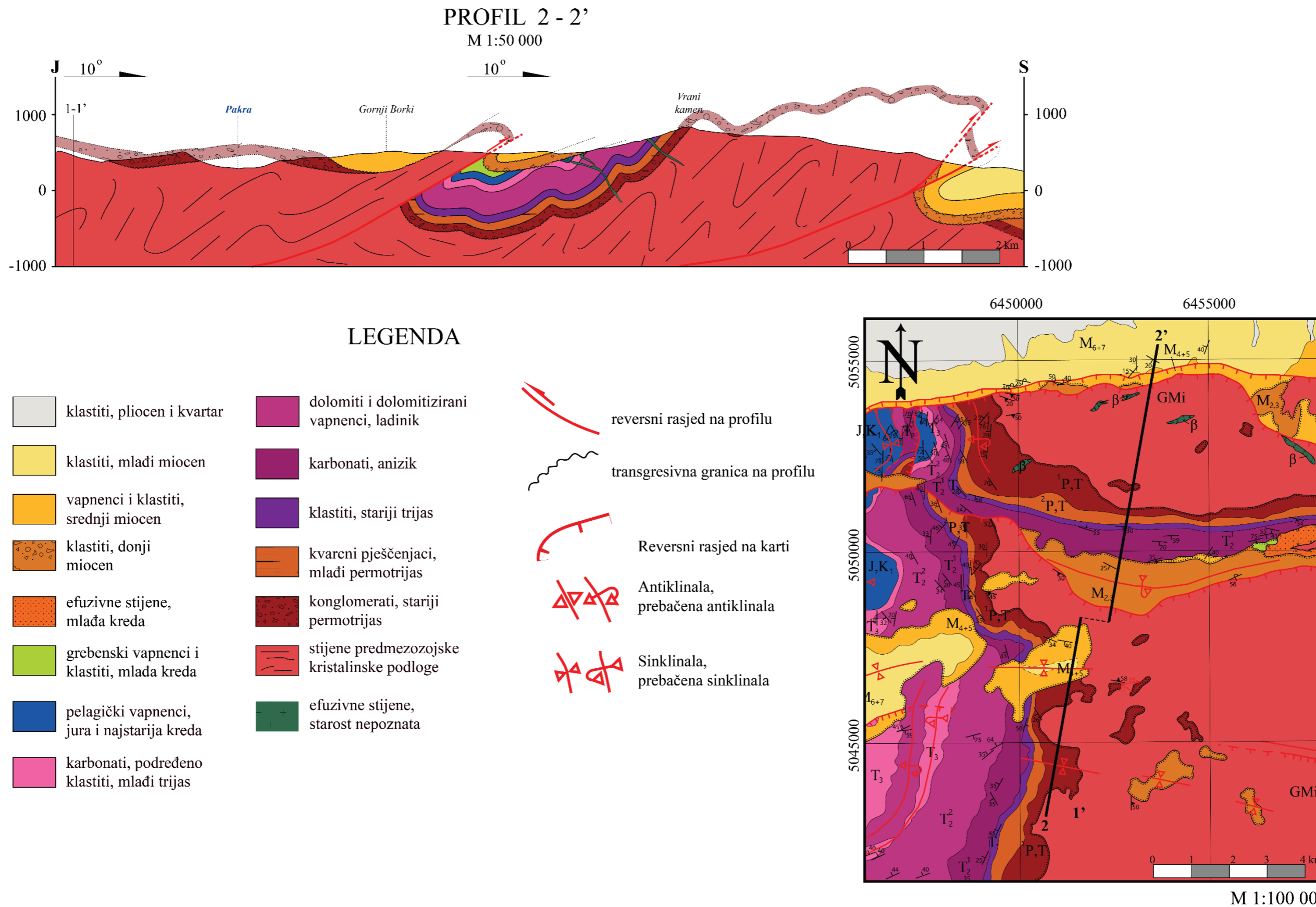
Slika 6-22. Profil 1 – 1' poprečan na kasnokredne i paleogene deformacijske strukture.

### 6.5.2. Geološki profil 2 – 2'

Geološki profil 2 – 2' smješten je u centralnom djelu zapadnog Papuka. Orijentiran je prema azimutu  $10^\circ$  kako bi vjerno prikazao geometriju struktura generalnog pružanja I – Z za koje je ovo istraživanje pokazalo da u najvećoj mjeri deformiraju neogenske naslage i njihovu podlogu. Da bi se jednim profilom prikazalo što je moguće više megaskopskih struktura, profil je podijeljen na dvije sekcije jednake orijentacije ukupne duljine 12,75 km. Njegov početak nalazi se neposredno sjeverno od vrha Veliki Javornik (718 m), gdje se siječe s istočnim krajem profila 1 – 1' te se pruža do napuštenog naselja Gornji Borki, gdje je kraj prve sekcije. Početak druge sekcije udaljen je svega 750 m istočno. Ona prelazi preko područja Lisine i vrha Vrani kamen (833 m) te završava na sjevernim obroncima zapadnog Papuka (*Slika 6-23; Prilog 1*). U južnoj sekciji profila jasno je vidljivo da su permio-trijaski klastiti i na njih transgresivne naslage srednjeg miocena, zajedno borane oko osi pružanja I – Z. To su većinom kose F2 bore čija krila rijetko prelaze nagib od  $50^\circ$ . Južna krila su redovito strmije nagnuta u odnosu na sjeverna što ukazuje na sjevernu vergenciju. Na sjevernoj sekciji profila nalaze se tri reversna rasjeda. Svi rasjedi konstruirani su na način da padaju prema jugu. Takva orijentacija objašnjava činjenicu da kod sva tri rasjeda sedimenti neogena tonu ili pod starije neogenske sedimente ili pod stijene predmezozojske kristalinske podloge. Kut nagiba reversnih rasjeda konstruiran je prema nagibima dominantne folijacije ili škrljavosti u kristalinima krovinskog krila rasjeda, odnosno prema nagibima slojevitosti u sedimentnim stijenama podinskog krila rasjeda, pod pretpostavkom da je današnja orijentacija tih planarnih elemenata uzrokovana pomacima po tom reversnom rasjedu. Rasjed pružanja I – Z kojeg profil sječe na početku druge sekcije nazvan je Topličkim rasjedom. To je reversni rasjed koji stijene predmezozojske kristalinske podloge dovodi u strukturno viši položaj preko donjomiocenskih klastita. Sedimentne stijene donjeg miocena i permio-mezozoika u podinskom krilu rasjeda Topličkog rasjeda imaju paralelno pružanje s ovim rasjedom, a također su i borane u obliku sinklinale s prebačenim južnim krilom, što ukazuje na sjevernu vergenciju. Ovakvo pružanje permsko-mezozojskih naslaga koje je okomito na pružanje istih naslaga ali na zapadnom rubu Papuka upravo je posljedica pomaka po Topličkom i Voćinskom reversnom rasjedu čije je pružanje i prostorni raspored uz sjeverni rub Papuka. Voćinski rasjed zapravo je rasjedna zona koju čine dva paralelna reversna rasjeda za koje se predstavlja da se idući u podzemlje postupno spajaju u jedan

blaže nagnuti rasjed čija je vergencija prema sjeveru kako je i prikazano na ovom profilu (*Slika 6-23*). Južniji ogranak ove rasjedne zone dovodi kristalinske stijene preko naslaga





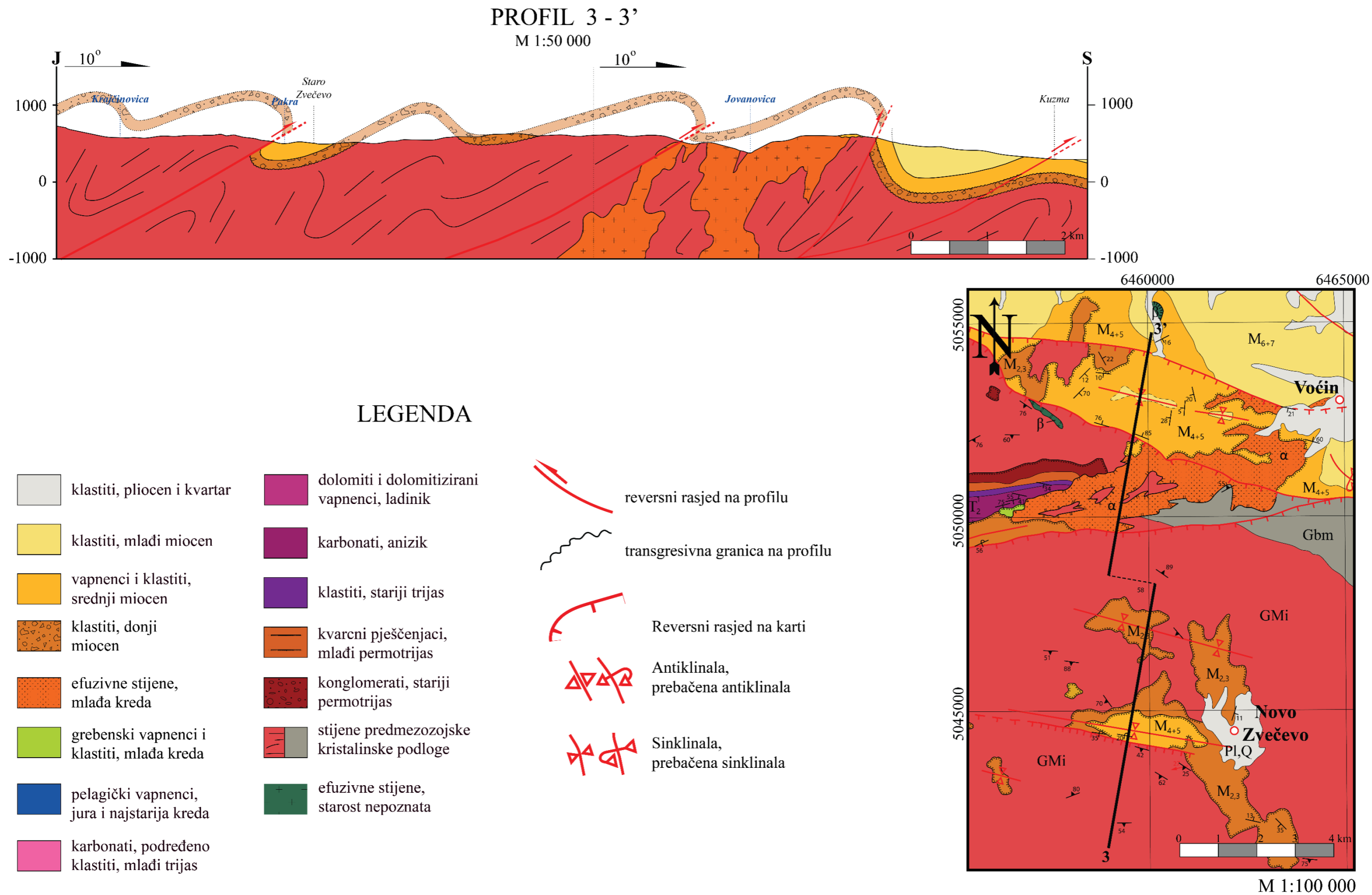
Slika 6-23. Konstruirani profil 2 - 2' poprečan na kasnomiocenske i plio-kvartarne deformacijske strukture, s pripadajućom kartom i legendom.

donjeg i srednjeg miocena, a sjeverni ogranak dovodi ove naslage preko gornjomiocenskih sedimenata koji izgrađuju jezgru prebačene sinklinale kojoj osna ravnina tone na jug.

### 6.5.3. Geološki profil 3 – 3'

Ovaj geološki profil identične je orijentacije kao i profil 2 – 2', a od njega je udaljen oko 7,7 km u smjeru istoka (*Prilog 1*). I ovaj profil podijeljen je u dvije sekcije jednakih orijentacija, a njegova ukupna duljina iznosi 13,39 km (*Slika 6-24; Prilog 1*). Početak profila nalazi se neposredno sjeveroistočno od vrha Čučevo (854 m) na Ravnoj Gori i proteže se u smjeru sjevera prema azimutu 10° preko Starog Zvečeva do izvorišnog područja potoka Dedovica. Profil se zatim lomi i nastavlja oko 1,2 km zapadnije istim azimutom preko doline potoka Jovanovica i grebena Crnog vrha do sela Kuzma gdje završava. Cilj ovog profila je pokazati strukturne deformacije u sedimentima donjeg i srednjeg miocena koji se nerijetko pojavljuju u centralnom djelu zapadnog Papuka, a najčešće izgrađuju upravo same vrhove brda (*Prilog 1; Prilog 2*). Prilikom terenskih istraživanja posebna pozornost obraćena je upravo na ove rijetke izdanke miocenskih sedimenata kako bi se što bolje rekonstruirao njihov položaj u prostoru. Na profilu se jasno vidi niz kosih do prebačenih megaskopskih F2 bora kojim su borane miocenske naslage, a čije osne plohe tonu generalno prema jugu. Za većinu ovih bora vrijedi da su im južna krila reducirana reversnim rasjedima sa smjerom tektonskog transporta prema sjeveru. Jedna takva sinklinala je Starozvečevska sinklinala čiju jezgru izgrađuju srednjomiocenske naslage koje su na površini rasprostranjene na području Starog Zvečeva. I u ovom slučaju vrijedi da je južno krilo ove sinklinale reducirano uzdužnim reversnim rasjedom. Druga i mnogo veća sinklinala nalazi se na samom sjevernom rubu Papuka i izgrađuje šire područje napuštenog naselja Kuzma. Njezino južno krilo vrlo strmo tone prema sjeveru te mjestimično prelazi i u prebačeni položaj, a sjeverno krilo tone pod blagim kutom prema jugu. Ova sinklinala s južne i sjeverne strane omeđena je rasjedima koji predstavljaju ogranke rasjedne zone Voćinskog reversnog rasjeda. Treći rasjed na ovome profilu, koji se prostorno nalazi između dva prethodno opisana, je Toplički reversni rasjed pružanja I – Z, koji na ovom području, u svojem istočnom dijelu, dovodi stijene predmezozojske kristalinske podloge preko gornjokrednih riolita i bazalta.

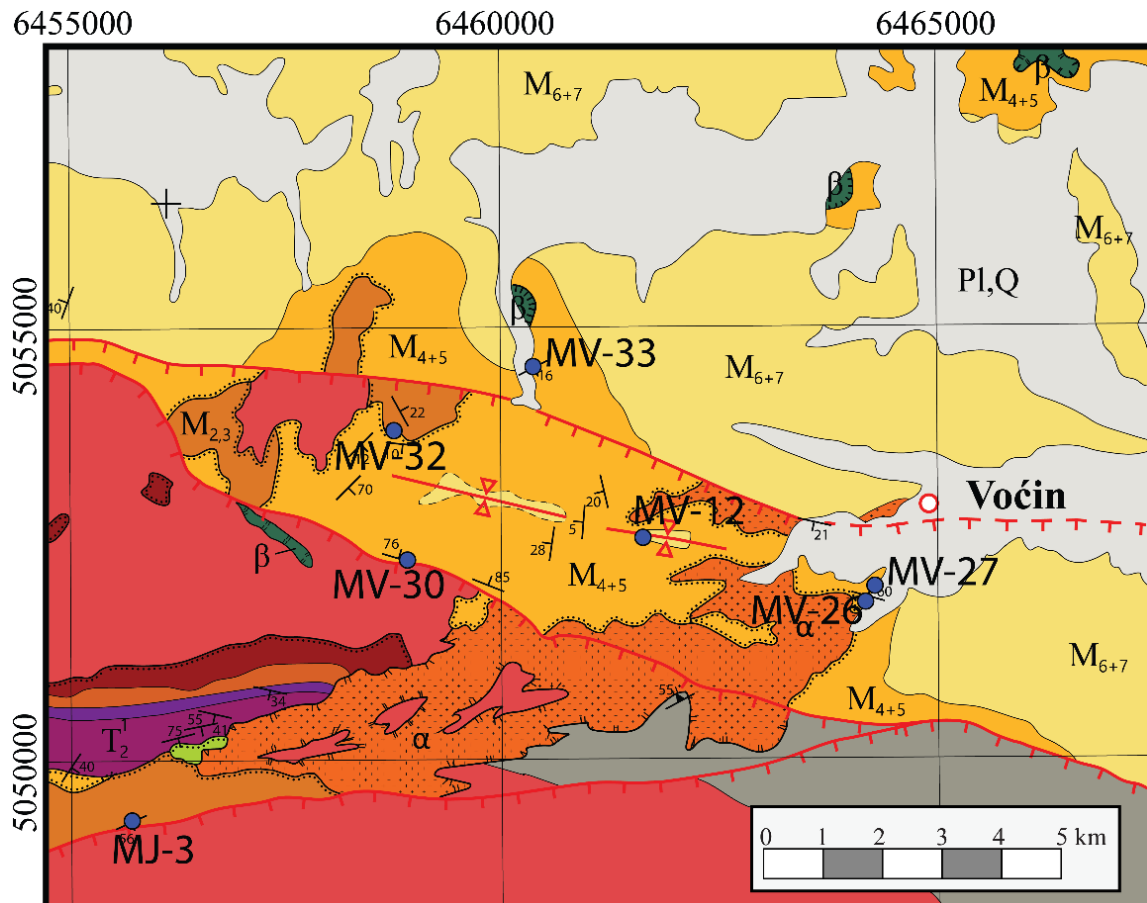




Slika 6-24. Konstruirani profil 3 – 3' poprečan na kasnomiocenske i plio-kvartarne deformacijske strukture, s pripadajućom kartom i legendom.

## 6.6. Mikropaleontološka analiza uzoraka

Od ukupno sedam prikupljenih i analiziranih uzoraka prikupljenih u miocenskim naslagama radi biostratigrafske odredbe njihove starosti (*Slika 6-25*), pozitivan nalaz mikrofosilnih zajednica utvrđen je u tri uzorka detaljno opisanih u ovom poglavlju.



*Slika 6-25.* Karta s označenim lokalitetima uzorkovanja miocenskih naslaga za mikropaleontološku analizu.

### 6.6.1. Uzorak MV-26

U ovom uzorku utvrđena je siromašna zajednica mikrofosila koja se pretežno sastoji od bentičkih foraminifera. Određene su sljedeće vrste: *Porosonion granosum* (d'Orbigny), *Elphidium hauerinum* (d'Orbigny), *Elphidium* cf. *nataliae* Popescu i *Elphidium* sp. (**Tabla 1**). Ova zajednica karakteristična je za marinski plitkovodni okoliš s povećanim salinitetom, a vrsta *E. hauerinum* provodna je za sarmat.

### 6.6.2. Uzorak MV-27

Pronađena je umjereno bogata zajednica mikrofosila koja se uglavnom sastoji od planktonskih i bentičkih foraminifera. Planktonske foraminifere su zastupljene s malim brojem vrsta, odnosno s malim biodiverzitetom, ali s velikim brojem primjeraka. Određene su slijede vrste: *Tenuitella munda* (Jenkins), *Globigerinita glutinata* (Egger) i *Globorotalia* sp. (**Tabla 2**). Prisutno je nekoliko ljušturica ostrakoda tankih stijenki, te riblji zubi. Pored njih prisutne su brojne spikule spužvi, dijatomeje *Gyrosigma* sp. i vapnenačke dinociste (dinoflagelati). Planktonske vrste foraminifera govore o utjecaju otvorenog mora, dok su ostale spomenuti organizmi karakteristični i za priobalna područja. Opisana zajednica ukazuje na marinski okoliš srednjeg do unutrašnjeg šelfa, starosti mlađeg badena.

### 6.6.3. Uzorak MV-33

U ovom uzorku pronađena je oskudna zajednica bentičkih foraminifera: *Elphidium fichtelianum* (d'Orbigny), *Ammonia viennensis* (d'Orbigny), *Elphidium* sp. i *Bolivina* sp. (**Tabla 3**). Prisutne su i vapnenačke dinociste te rijetki ostrakodi tankih ljuštura. Ova zajednica i česti Fe-minerali (limonit i magnetit?) ukazuju na sarmatsku starost i taloženje u marinskom okolišu unutrašnjeg šelfa uz jaki utjecaj kopna s mogućim povremenim izranjanjem.

Mikropaleontološkom analizom opisanih uzoraka potvrđene su starosti navedene na OGK list Daruvar (*JAMIČIĆ, 1989*) i pripadajućem tumaču (*JAMIČIĆ et al., 1989*).

## 7. DISKUSIJA

Rezultati dobiveni ovim radom većinom su u skladu s ranije provedenim istraživanjima na ovome području (*JAMIČIĆ, 1983; ŠOLAJA, 2010; USTASZEWSKI et al., 2008, 2014*), no ovaj rad donosi i nove interpretacije o međusobnim odnosima deformacijskih struktura koji su opisani u ovom poglavlju.

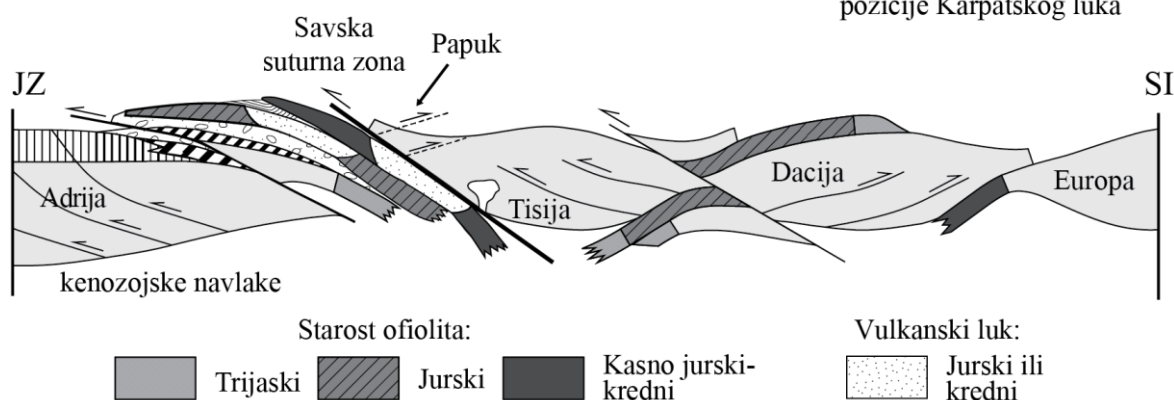
### 7.1. Geneza D1 struktura

Prema ranije opisanim strukturnim obilježjima, međusobnim odnosima i kinematskim značajkama D1 struktura zabilježenih na zapadnom Papuku, pretpostavlja se da je D1 deformacijski događaj inicijalno započeo boranjem, uz postupno sve izraženije zbijanje i rast F1 bora što je bilo praćeno i istovremenim nastankom S1 klivaža osne plohe u permsko-mezozojskim stijenama. Pored toga, ovaj kompresijski deformacijski događaj rezultirao je i formiranjem  $S_{R1}$  reversnih rasjeda i smičnih zona sa smjerom tektonskog transporta prema istoku, odnosno okomito na osi F1 bora. D1 deformacijski događaj je prema *JAMIČIĆ (1983)* interpretiran tijekom laramijske faze u alpskoj orogenezi, s pružanjem glavne osi paleonaprezanja I – Z i istočnom vergencijom. Vremenski okvir ovog deformacijskog događaja je u ovom radu, istovjetno kao i u radu *JAMIČIĆ (1983)* pretpostavljen za vrijeme kasne krede i u paleogenu, dakle u isto vrijeme kada je u pojasu Savske suturne, neposredno južno od današnjeg položaja Papuka, bio aktivan geodinamski proces kolizije između megabloka Tisije i navlaka Unutrašnjih Dinarida koje pripadaju Jadranskoj ploči (*SCHMID et al., 2008*). Shematski prikaz pretpostavljenog geodinamskog razvoja i položaja navlaka i tektonskih blokova u Savskoj suturnoj zoni na prijelazu krede u paleogen prikazan je na *slici 7-1*. Rezultati paleomagnetskih mjerenja relevantni za rekonstrukciju geodinamskog razvoja u Alpsko-karpatsko-dinaridskom orogenskom sustavu za vrijeme ranog miocena, odnosno prije značajnih translacija i rotacija tektonskih megablokova Alcape i Tisije tijekom miocena i pliocena, prikazani su na *slici 7-2* preuzetog iz *USTASZEWSKI et al. (2008)*, koji u skladu s prethodno objavljenim rekonstrukcijama (*npr. BALLA, 1987; CSONTOS, 1995; i dr.*) pretpostavljaju translaciju i rotaciju tektonskog megabloka Tisije za  $38^\circ$  u smjeru kretanja kazaljke na satu tijekom miocena i pliocena. Stoga, da bi se odredila moguća primarna orijentacija D1 megaskopskih struktura zabilježenih na području Papuka, potrebno ih je, zajedno s preostalim navlakama koje čine tektonski megablock Tisije, povratno zarotirati iz

današnjeg položaja za 38° oko vertikalne osi u smjeru obrnutom od kretanja kazaljki na satu, kako je i prikazano na **slici 7-2**.

## Kasna kreda - paleogen

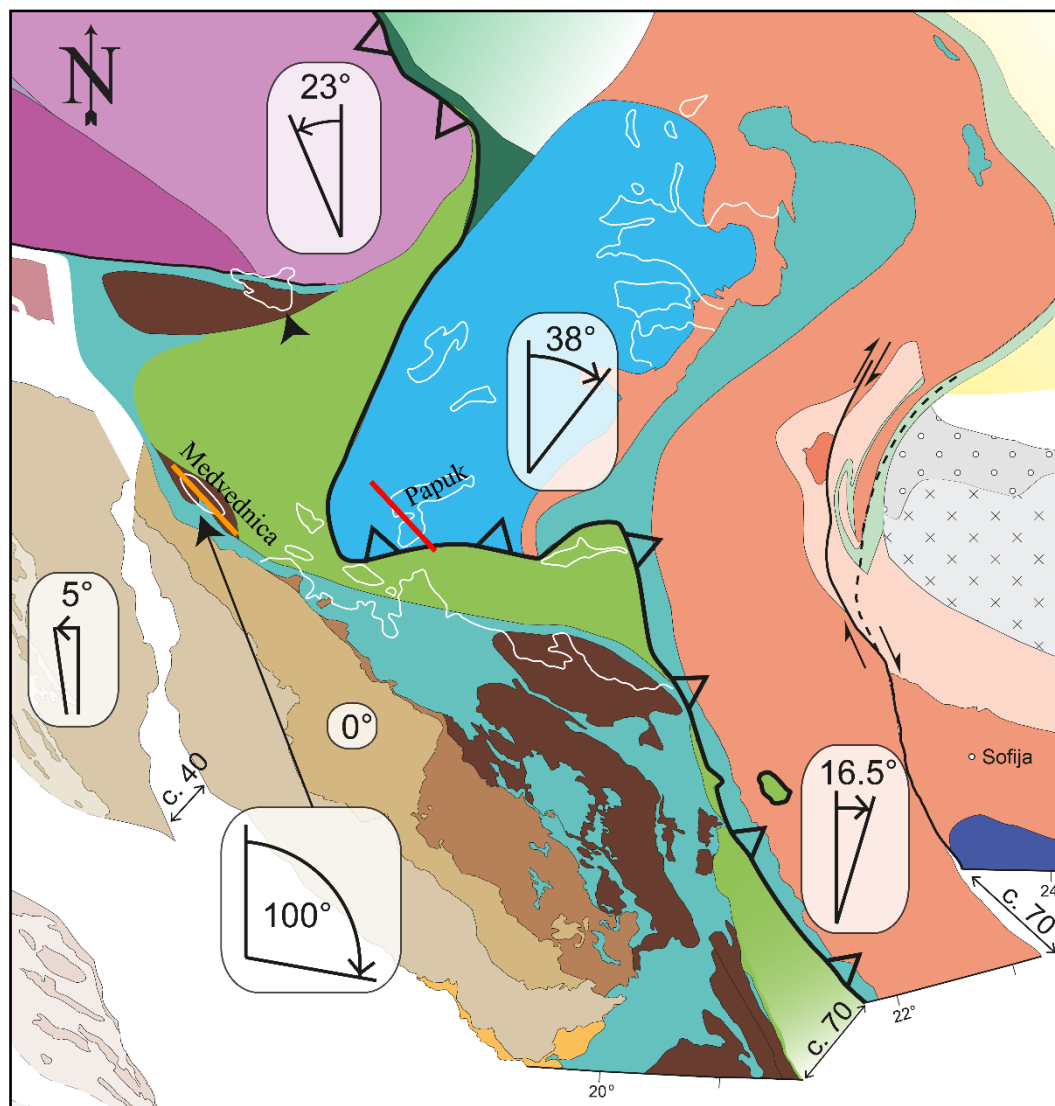
### Centralni Dinaridi - Tisija - Dacija - Europa



**Slika 7-1.** Shematski profil koji prikazuje razvoj tektonskih ploča na području sjevernih Dinarida, Tisije, Dacije i Karpata u vrijeme paleogena (prema SCHMID et al., 2008, dijelom dopunjeno i preuređeno).

Nakon provedene povratne rotacije, kasnokredno-paleogenske D1 strukture zapadnog Papuka poprimaju pružanje SZ – JI (**Slika 7-2**), pa u tom položaju ukazuju na originalnu orijentaciju glavne osi paleonaprezanja s pružanjem SI – JZ. Ovakva primarna orijentacija D1 deformacijskih struktura i njima pripadajuće glavne osi paleonaprezanja podudarne su s pružanjem navlaka u Unutrašnjim Dinaridima uz i unutar Savske suturne zone u njenom dijelu južno od slavonskih gora. Sličan primjer različitog primarnog i današnjeg položaja paleogenskih deformacijskih struktura i navlaka opisan je i na području Medvednice (TOMLJENVIĆ, 2002; TOMLJENVIĆ et al., 2008), gdje su paleogenske strukture i navlake čije je današnje pružanje SI – JZ rekonstruirano u primarno pružanje SZ – JI (dakle tipično dinaridsko pružanje), nakon povratne rotacije tektonskog bloka Medvednice za čak 100° u smjeru obrnutom od kretanja kazaljki na satu (**Slika 7-2**). Međutim, u slučaju povratne rotacije kasnokredno paleogenskih D1 struktura zapadnog Papuka uz njihov pretpostavljeni primarni položaj uz sjeverni rub Savske suturne zone i pružanje SZ – JI, i dalje ostaje pitanje vergencije ovih struktura koja je upravo suprotna od jugozapadne vergencije u Savskoj suturnoj zoni i u Unutrašnjim Dinaridima. Ovo pitanje nastojalo se

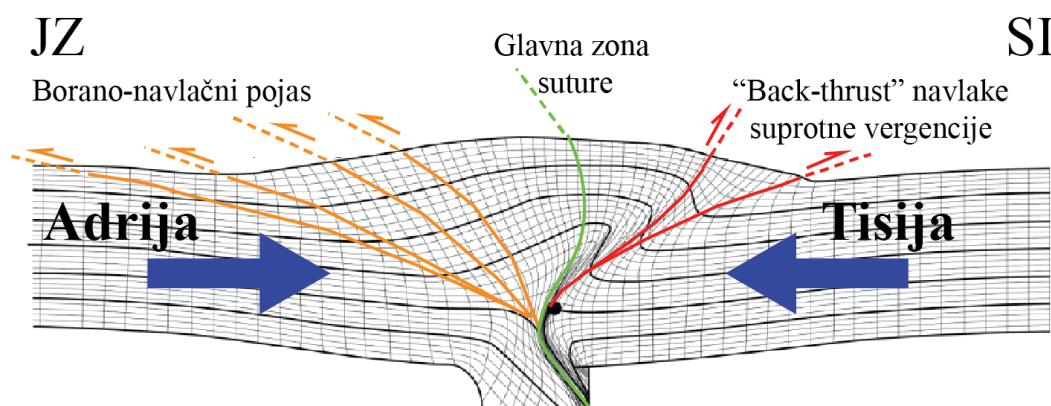
objasniti analizom prostornog položaja Papuka u odnosu na navlake Unutrašnjih Dinarida za vrijeme kredno-paleogenske kolizije u Savskoj suturnoj zoni.



*Slika 7-2. Rekonstrukcija položaja i orijentacije glavnih tektono-stratigrafskih jedinica na području Unutrašnjih Dinarida, Tisije, Karpata i Istočnih Alpi u vrijeme ranog miocena (prema USTASZEWSKI et al., 2008). U bijelim pravokutnicima prikazani su kut i smjer rotacije pojedinih tektonskih blokova. Rekonstruirano primarno pružanje kasnokredno paleogenskih struktura na Medvednici i na Papuku prikazano je narančastom, odnosno crvenom linijom.*

Naime, glavna razlika između paleogeografskog položaja Papuka i Medvednice i ostalih navlaka Unutrašnjih Dinarida u odnosu na pružanje Savske suturne zone jest da se Papuk nalazi na Tisiji, koja je za vrijeme kredno-paleogenske subdukcije bila gornja ploča u odnosu na navlake Unutrašnjih Dinarida formirane na Jadranskoj ploči koja se kao donja

ploča podvlačila pod Tisiju (*Slike 7-1, 7-2 i 4-1*). *BEAUMONT & QUINLAN (1994)* su objavili numerički model geodinamskog razvoja u zoni kolizije dviju tektonskih ploča kojim su simulirali i opisali postanak struktura suprotnih vergencija u rubnom djelu orogena na gornjoj ploči (*Slika 7-3*). Sukladno s ovim modelom, moguće je i objasniti postanak D1 deformacijskih struktura zapadnog Papuka u završnoj fazi izgradnje dinaridskog orogena, odnosno u fazi kolizije navlaka Unutrašnjih Dinarida na Jadranskoj ploči i navlaka Tisije za vrijeme najkasnije krede i u paleogenu, a također i njihovu izvorno sjeveroistočnu vergenciju koja je nasuprotna u odnosu na vergenciju navlaka u Unutrašnjim Dinaridima.



*Slika 7-3. Rezultat 2-D modeliranja završne, sin kolizijske tektonske faze i deformacije u orogenu prema BEAUMONT & QUINLAN (1994). Plave strelice pokazuju pravac djelovanja glavne osi naprezanja.*

Istim modelom objašnjava se i postanak Južnih Alpa, gdje je stvaranje navlaka sa suprotnom odnosno južnom vergencijom na gornjoj tj. Jadranskoj ploči započelo tek početkom njene kolizije s Europskom pločom krajem oligocena (*CASTELLARIN & CANTELLI 2000; SCHMID et al., 2017*). S obzirom na opisanu geodinamsku rekonstrukciju u području Savske suturne zone krajem krede i u paleogenu i pretpostavljeni primarni položaj i orijentaciju D1 deformacijskih struktura na zapadnom Papuku, postavlja se pitanje treba li postanak ovih deformacijskih struktura i dalje interpretirati u okviru Iaramijske tektonske faze alpske orogeneze ili pak u okviru kredno-paleogenske dinaridske tektonske faze?



## 7.2. Geneza D2 struktura

Stijene predmezozojske kristalinske podloge izuzetno su bogate raznim deformacijskim strukturama od kojih većina po svojim karakteristikama pokazuje da su nastale u jednom odnosno kroz više faza metamorfizma. Jedine, ovim radom registrirane postmetamorfne deformacijske strukture bile su koljenaste F2 bore u tankouškriljenim stijenama niskog stupnja metamorfizma. Isti tip bora zabilježen je i u pelagičkim jurskim vapnencima zapadnog Papuka. Međusobni odnos bora F1 i F2, a zatim i morfologija bora F2 govore da su bore F2 nastale u deformacijskom događaju D2 koji zasigurno morao biti mlađi od događaja D1. S obzirom na orijentaciju osi koljenastih bora F2 generalno po pravcu I – Z, moguće je pretpostaviti da su nastale u kompresijskoj fazi bazenske inverzije s glavnom osi paleonaprezanja S – J, koja je krajem miocena zahvatila područje Panonskog bazenskog sustava i otočna gorja koja se u njemu nalaze.

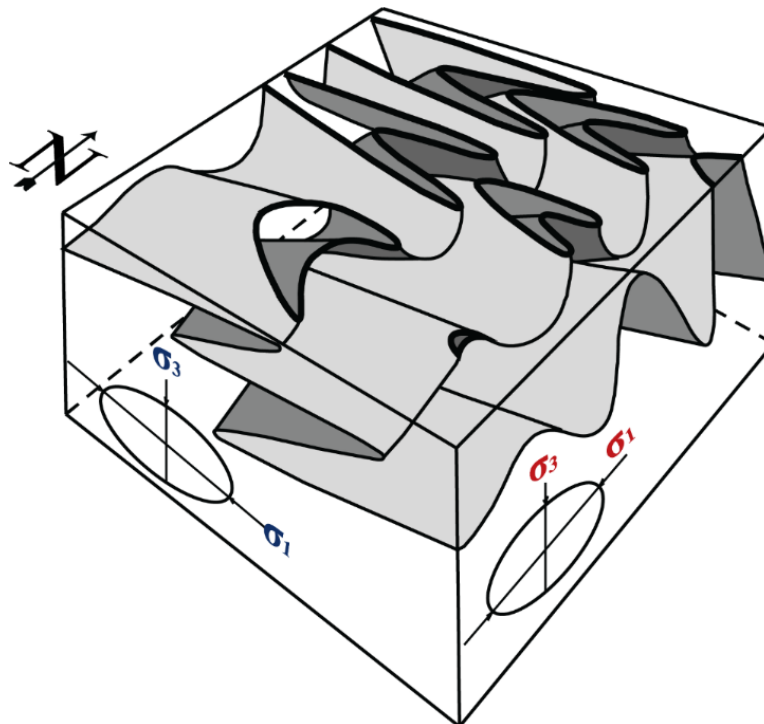
Interpretacija 2D refleksijskih seizmičkih profila snimljenih u okolini zapadnog Papuka, ukazuje na dvije različite faze tektonskog razvoja tijekom neogena. Na vrijeme aktivnosti svake tektonske faze neposredno ukazuje varijabilna debljina sintektonskih sedimenata koja je različita u krovinskim i podinskim krilima rasjeda. Stariji deformacijski događaj predstavlja fazu ekstenzije koju karakterizira otvaranje akomodacijskog prostora u krovinskom krilu normalnih rasjeda, praćenu taloženjem sintektonskih sedimenata koji postupno zadebljavaju približavajući se rubnom rasjedu. S obzirom da sintektonski sedimenti odgovaraju naslagama donjem miocena, isto vrijeme pretpostavljeno je i za aktivnost ekstenzijske faze, što je u skladu s brojnim istraživanjima koja početak formiranja Panonskog bazenskog sustava smještaju u stariji miocen (npr. *ROYDEN, 1988; TARI et al., 1992; PAVELIĆ & KOVAČIĆ, 2018*). Druga faza predstavlja period kompresijske tektonike i fazu bazenske inverzije. Sintektonske naslage koje dokumentiraju ovu fazu su gornjomiocenske i plio-kvartarne, što ukazuje na njihovu vremensku aktivnost koja odgovara regionalno dokumentiranoj fazi bazenske inverzije jugoistočnog djela Panonskog bazena započete krajem miocena, te i dalje recentno aktivnoj (*TOMLJENVIĆ & CSONTOS, 2001; DOMBRADI et al., 2009; HERAK et al., 2009*). S obzirom na geometriju reversnih rasjeda i pratećih bora interpretiranih na 2D refleksijskim seizmičkim profilima te činjenicu da oni ne presijecaju sve horizonte do površine već u krovinskom krilu formiraju antiklinale, postanak spomenutih bora interpretiran je po modelu „*fault-propagation*“ tipu boranja.



Megaskopske bore F2 i reversni rasjedi  $S_{R2}$  osmatrani na površini generalnog su pružanja I – Z i pokazuju sjeverne vergencije. S obzirom da su sedimenti gornjeg miocena također borani F2 borama, te da reversni rasjedi  $S_{R2}$  u strukturno viši položaj dovode starije stijene preko gornjomiocenskih naslaga, jasno je da te su te strukture morale nastati za vrijeme ili nakon kasnog miocena. Stoga su megaskopske bore F2 i reversni rasjedi  $S_{R2}$  interpretirani kao rezultat kasnomiocenske do recentno aktivne kompresijske tektonike koja je uzrokovala bazensku inverziju u istraživanome području. Treba naglasiti i da postoje lokalna odstupanja od uobičajenog I – Z pružanja kasnomiocenskih struktura, prvenstveno u najzapadnijem djelu Papuka. Vjerojatni uzrok toga je postojanje starijih struktura, odnosno njihova geometrija i predcrtež koji su mogli imati utjecaj na stvaranje i orijentaciju mlađih.

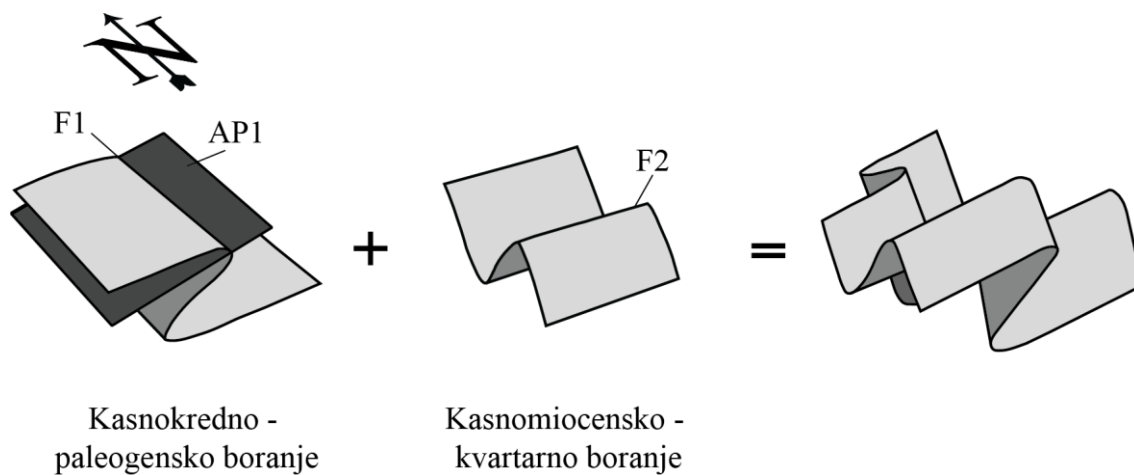
### 7.3. Model dvostrukog boranja

Na geološkoj karti istraživanog područja (*Prilog 1 i 2*) moguće je uočiti blago zakrivljen oblik pružanja osi megaskopskih F1 bora. Takav blago srpasti uzorak karakterističan je za terene koji su izgrađeni od polifazno, točnije dvostruko boranih stijena po modelu tipa 2 tzv. uzorak „arrowhead“ ili „mushroom“ oblika (*Slika 7-4*) prema TWISS & MOORES (1992).



*Slika 7-4. Blok dijagram prikazuje karakterističan obrazac koji nastaje presjekom površine terena s deformacijskim strukturama nastalim po modelu tip 2 tzv. „arrowhead“ ili „mushroom shaped interference pattern“ prema TWISS & MOORES (1992).*

Ovakav tip dvostrukog boranja nastaje kada starije bore prebačenog tipa naknadno bivaju borane u obliku mlađih normalnih i kosih bora i to po glavnoj osi paleonapreznja orijentiranoj paralelno osima starijih bora (*Slika 7-5*). Ovakva orijentacija ostvarena je upravo putem lateralne ekstruzije i rotacije osi kasnokrednih i paleogenskih F1 bora u pružanje S – J.



*Slika 7-5. 3-D geometrija i postanak dvostruko borane deformacijske strukture tipa 2 prema RAMSAY & HUBER (1987).*

## 8. ZAKLJUČAK

Na temelju terenskih istraživanja i analize deformacijskih struktura u području zapadnog Papuka u kombinaciji s interpretacijom 2D refleksijskih seizmičkih profila, o strukturnim značajkama područja istraživanja i tektonskom razvoju može se zaključiti sljedeće:

Megaskopske prebačene F1 bore u permsko-mezozojskim naslagama determinirane su kao strukture nastale za vrijeme kasnokrednog do paleogenskog kompresijskog događaja (D1). Njihova izvorno sjeveroistočna vergencija interpretirana je kao posljedica deformacija nastalih na gornjoj ploči tijekom završnog stadija u fazi kolizije između Jadranske ploče (donja ploča) i Tisije (gornja ploča) u Savskoj suturnoj zoni. U kasnijem tektonskom razvoju za vrijeme miocena, zbog lateralne ekstruzije i rotacije Tisija-Dacija tektonskog megabloka u smjeru kazaljke na satu, ove strukture su najvjerojatnije također zarotirane za oko 40° istom smjeru pa su na taj način dovedene u današnji položaj s pružanjem S – J.

Megaskopske bore F2 i kogenetski reversni rasjedi  $S_{R2}$  sjeverne vergencije i pružanja I – Z kojim su deformirane neogenske naslage, interpretirani su kao deformacijske strukture nastale u kompresijskoj fazi bazenske inverzije (D2), a za koju se pretpostavlja da je započela na prijelazu neogena u pliocen i kvartar. Ova deformacijska faza zahvatila je i već ranije borane permsko-mezozojske stijene u zapadnom dijelu Papuka, te pritom stvorila kompleks dvostruko boranih stijena tipa 2, tzv. uzorak „*arrowhead*“ ili „*mushroom*“ oblika.

Interpretirani 2D refleksijski seizmički profili potvrđuju postojanje kasnomiocenske i plio-kvartarne kompresijske tektonike (D2) koja se odražava u boranim i rasjednutim naslagama miocena i plio-kvartara na sjevernom i na zapadnom rubu Papuka, ali također i ukazuju na ekstenzijsku deformacijsku fazu aktivnu u vrijeme starijeg miocena.

## 9. REFERENCE

- BALEN, D., MASSONNE, H.J., LIHTER, I. (2018): Alpine metamorphism of lowgrade schists from the Slavonian Mountains (Croatia): new P–T and geochronological constraints. *Int Geol Rev* 60:288 – 304.
- BALLA, Z. (1987): Tertiary paleomagnetic data for the Carpathian Pannonian region in the light of Miocene rotation kinematics *Tectonophysics* , 139, 67 – 98.
- BEAUMONT, C. & QUINLAN, G. (1994): A geodynamic framework for interpreting crustal scale seismic reflectivity patterns in compressional orogens. *Geophys. J. Int.*, 116: 754 – 783.
- BIŠEVAC, V., BALEN, D., TIBLJAŠ, D. & ŠPANIĆ, D. (2009): Preliminary results on degree of thermal alteration recorded in the eastern part of Mt. Papuk, Slavonia, Croatia. *Geol. Croatica* 62, 1, 63 – 71.
- BIŠEVAC, V., BALOGH, K., BALEN, D. & TIBLJAŠ, D. (2010): Alpine (Cretaceous) very low- to low-grade metamorphism recorded on the il-lite-muscovite-rich fraction of metasediments from South Tisia (eastern Mt Papuk, Croatia). *Geologica Carpathica* 61: 469–481, DOI 10.2478/v10096-010-0029-9.
- CASTELLARIN, A., CANTELLI, L. (2000): Neo-Alpine evolution of the Southern Eastern Alps. *J. Geodyn.* 30, 251 – 274.
- CONTOS, L. (1995): Tertiary tectonic evolution of the Intra-Carpathian area: a review. *Acta Vulcanol.* 7/2:1 – 13.
- DAVIS, G.H. & REYNOLDS, S. (1996): *Structural Geology of Rocks and Regions*. Wiley.
- DIENER, C. (1902): Die Stellung Der Kroatisch-Slavonischen Inselgebirge Zu Den Alpen Und Dem Dinarischen Gebirgssysteme. *Mitt. Geogr. Ges.*, 45/9-10, 292 – 298, Wien.
- FREY, M. (1987): Very low-grade metamorphism of clastic sedimentary rocks. In: Frey M. (Ed.): *Low temperature metamorphism*. Blackie, New York, 9 – 59.
- FRISCH, W., MESCHÉDE, M. & BLAKEY, R. (2011): *Plate Tectonics : Continental Drift and Mountain Building*. Springer , Heidelberg , 212 str.
- GALOVIĆ, I. & MARKOVIĆ S. (1979): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Virovitica L33-83, Geološki zavod Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd.

- HAAS J. & PERO S. (2004): Mesozoic evolution of the Tisza Mega-unit. *International Journal of Earth Sciences* 93, 297 – 313.
- HERAK, D., HERAK, M. & TOMLJENVIĆ, B. (2009): Seismicity and earthquake focal mechanisms in north-western Croatia, *Tectonophysics*, 465, 212 – 220.
- HORVÁTH, F., BADA, G., SZAFIÁN, P., TARI, G., ÁDÁM, A. & CLOETINGH, S. (2006): Formation and deformation of the Pannonian Basin: Constraints from observational data, in *European Lithosphere Dynamics*, edited by D. G. Gee and R. A. Stephenson, pp. 191 – 206, Geol. Soc. of London, London.
- HORVAT, M., KLÖTZLI, U., JAMIČIĆ, D., BUDAG., KLÖTZLI, E. & HAUZENBERGER, C. (2018): Geochronology of granitoids from Psunj and Papuk Mts., Croatia. *Geochronometria* 45 (2018): 198 – 210.
- JAMIČIĆ, D. (1976): Structural fabric the matamorphosed rocks of Mt. Krndija and the eastern part of Mt. Papuk. *Bull Scien. Conc. Acad. RSF. Yugoslav*, 21, 2 – 3, Zagreb.
- JAMIČIĆ, D. (1979): Prilog poznavanju tektonskih odnosa Papuka i Krndije , JAZU.
- JAMIČIĆ, D. (1980): Dvostruko boranje u jednom dijelu metamorfnih stijena Papuka i Krndije. *Geološki vjesnik* 31, 355 – 358, Zagreb.
- JAMIČIĆ, D. (1983a): Strukturni sklop metamorfnih stijena Krndije i južnih padina Papuka. *Geološki vjesnik*, 36, 51 – 72, Zagreb.
- JAMIČIĆ, D. (1983b): O tangencijalnim kretanjima u području Slavonskih planina. *Nafta* 34, str. 685 – 691, Zagreb.
- JAMIČIĆ, D. (1988): Strukturni sklop slavonskih planina. Neobjavljena Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 152 p., Zagreb.
- JAMIČIĆ, D. (1989): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Daruvar, L33–95, Geološki zavod Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd.
- JAMIČIĆ, D. (2007): Upper Cretaceous deposits of the Požeška Gora Mt. (Croatia), *Natura Croat.*, 16, 105 – 120.
- JAMIČIĆ, D. (1995): The role of the sinistral strike-slip faults in the formation of the structural fabric of the Slavonian Mts. (eastern Croatia). *Geologia Croatica* 48, 155 – 160.



- JAMIČIĆ, D. & BRKIĆ, M. (1987): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Orahovica, L33–96, Geološki zavod Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd.
- JAMIČIĆ, D., BRKIĆ, M., CRNKO, J. & VRAGOVIĆ, M. (1987): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000. Tumač za list Orahovica, L33–96, Geološki zavod Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd, 72pp.
- JAMIČIĆ, D., VRAGOVIĆ, M. & MATOČEC, D. (1989): Osnovna geološka karta SFRJ M 1 : 100 000. Tumač za list Daruvar L 33-95. Geološki zavod Zagreb (1988), Savezni geološki zavod Beograd.
- JERINIĆ, G., PAMIĆ, J., SREMAC, J. & ŠPANIĆ, D. (1994): First palinological data and organic petrographic data on very low-grade metamorphic rocks in Slavonian Mountains (North Croatia). *Geol. Croatica* 47, p. 149 – 155.
- KISCH, H.J. (1990): Calibration of the anchizone: a critical comparison of illite “crystallinity” scales used for definition.– *J. Metamorph. Geol.*, 8, 31 – 46.
- KISCH, H.J. (1991): Illite “crystallinity”: recommendations on sample preparation, X-ray diffraction settings, and interlaboratory samples.– *J. Metamorph. Geol.*, 9, 665 – 670.
- KISCH, H.J., ÁRKAI, P. & BRIME, C. (2004): On the calibration of the illite Kübler index (illite “crystallinity”).– *Schweiz. Mineral. Petrogr. Mitt.*, 84, 323 – 331.
- LUGOVIĆ, B. (1983): Efuzivne stijene sjeverozapadnog dijela Papuka. *Geološki vjesnik*, 36, 131 – 156, Zagreb.
- LUPU, M. (1984): Problems of the European continental margin in the Transylvanian-Pannonian area. *Annuaire de l’Institut de Géologie et de Géophysique Bucharest XLV*, 323 – 332.
- MANJARIĆ, M. (2011): Litostratigrafski odnosi u izvorišnom dijelu rijeke Toplice na zapadnom Papuku. Neobjavljeni Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, 120 p., Zagreb.
- MÁRTON, E. (2000): The Tisza Megatectonic Unit in the light of paleomagnetic data. *Acta Geologica Hungarica* 43/3, 329 – 343.
- MÁRTON, E., PAVELIĆ, D., TOMLJENIĆ, B., AVANIĆ, R., PAMIĆ, J. & MÁRTON, P. (2002): In the wake of a counter-clockwise rotating Adriatic microplate: Neogene paleomagnetic results from northern Croatia. *International Journal of Earth Sciences* 91, 514 – 523.

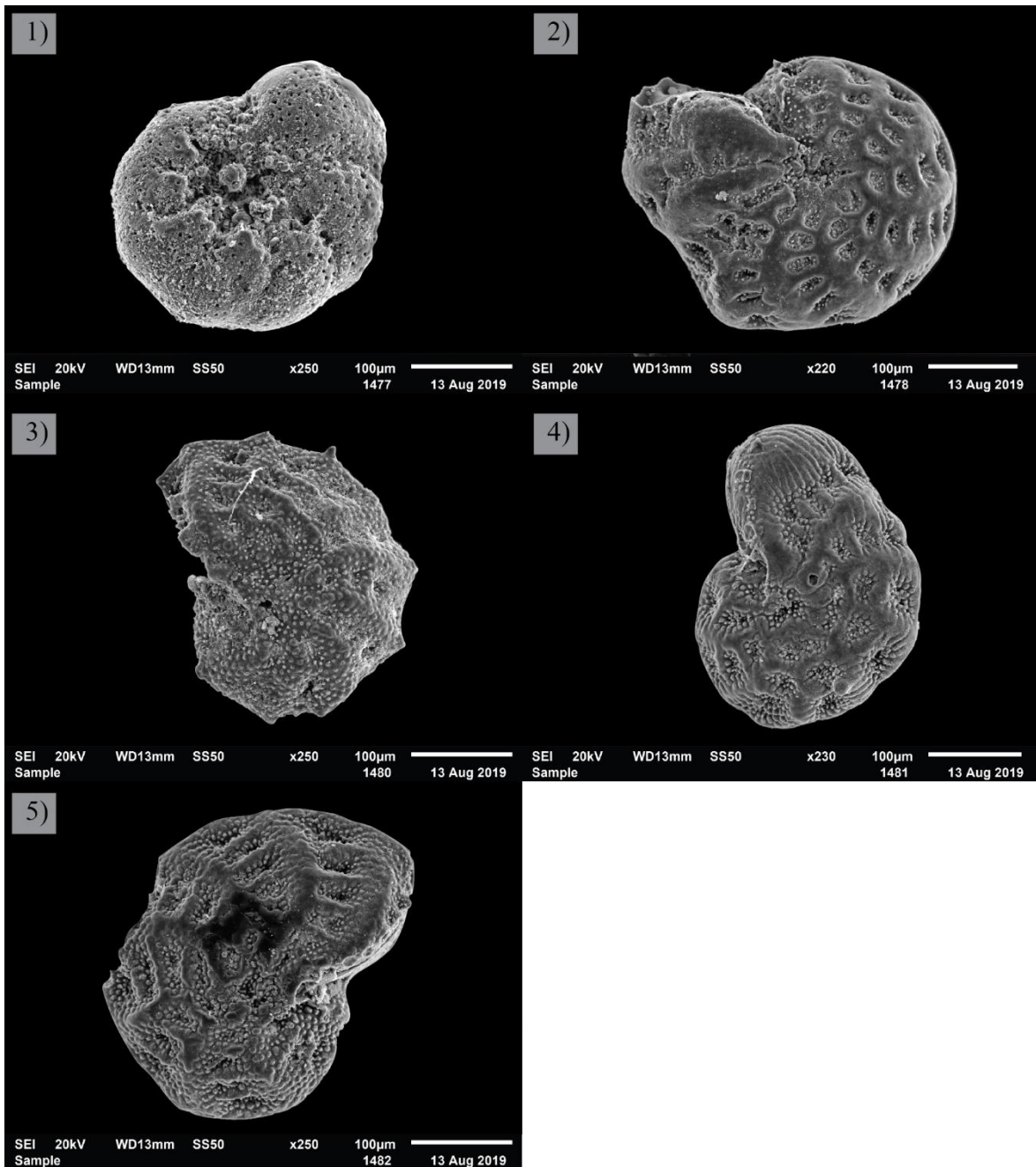
- MARKOVIĆ, S. (1985): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, list Podravska Slatina L33-84, Geološki zavod Zagreb, Savezni geološki zavod Beograd.
- MOORE, D.M. & REYNOLDS, R.C. (1997): X-ray diffraction and identification and analysis of clay minerals. 2nd Edition, Oxford University Press, New York.
- MOORES, E. M. & TWISS, R. J. (1995): Tectonics.- Freeman & Co., 415 pp., New York.
- PAMIĆ, J. (2002): The Sava-Vardar Zone of the Dinarides and Hellenides versus the Vardar Ocean. *Eclogae geologicae Helvetiae* 95, 99 – 113.
- PAMIĆ, J. & LANPHERE, M. (1991): Hercinske granitne i metamorfne stijene Papuka, Psunja, Krndije i okolne podloge Panonskog bazena u Slavoniji (sjeverna Hrvatska, Jugoslavija). *Geologija* 34, 81 – 224.
- PAMIĆ, J., LANPHERE, M., MCKEE, E. (1988): Radiometric Ages of Met-amorphic and Associated Igneous Rocks of the Slavonian Mts. in the Southern Part of the Pannonian Basin, Yugoslavia. *Acta Geo-logica* 18/2: 13 – 39.
- PAMIĆ, J., RADONIĆ, G. & PAVIĆ, G. (2003): Geološki vodič kroz Park prirode Papuk. 66 p., Požega.
- PAVELIĆ, D. & KOVAČIĆ, M. (2018): Sedimentology and stratigraphy of the Neogene rift-type North Croatian Basin (Pannonian Basin System, Croatia): A review". *Marine and Petroleum Geology*, 91, 455 – 469.
- Rögl, F. (1996): Stratigraphic correlation of the Paratethys Oligocene and Miocene. *Mitt. Ges. Bergbaustud. Österr.*, 41, 65 – 73.
- POLJAK, J. (1911): Kratak Pregled Geotektonskih Odnosa Hrvatsko-Slavonskog Gorja. *Glasnik Hrv. priir. društva*, 23/1-2, 108 – 127, Zagreb.
- RAFFAELLI, P. (1965): Metamofizam paleozojskih pelitskih škriljavaca u području Ravne gore (Papučko gorje, Slavonija). *Geološki vjesnik* 18, 61 – 118.
- RAMSAY, J.G. & HUBER, M.I. (1987): *The Techniques of Modern Structural Geology*, Vol. 2: Folds and Fractures. Pergamon Press, London.
- RATSCHBACHER, L., MERLE, O., DAVY, P. & COBBOLD, P. (1991a): Lateral extrusion in the Eastern Alps; Part 1: Boundary conditions and experiments scaled for gravity. *Tectonics* 10(2), 245 – 256.
- RATSCHBACHER, L., FRISCH, W., LINZER, H.G. & MERLE, O. (1991b): Lateral extrusion in the Eastern Alps; Part 2: Structural analysis. *Tectonics* 10(2), 257 – 271.

- ROYDEN, L.H. (1988): Late Cenozoic Tectonics of the Pannonian Basin System. In: L.H. Royden and F. Horvath (Eds.): The Pannonian Basin, a study in basin evolution. American Association of Petroleum Geologists Memoir 45, 27 – 48.
- ROYDEN, L.H. (1993): Evolution of retreating subduction boundaries formed during continental collision. *Tectonics* 12/3, 629 – 638.
- ROYDEN, L., HORVATH, F. & RAMPLER, J. (1983): Evolution of the Pannonian basin system, 1. *Tectonics*.-*Tectonics*, 2/1, 63 – 90.
- SALOPEK, M. (1914): Moderna Alpiska Tektonika I Geologija Hrvatske I Slavonije. *Glasnik Hrv. priir. društva*, 26/2, 85 – 109, Zagreb.
- SCHMID, S. M., BERNOULLI, D., FÜGENSCHUH, B., MATENCO, L., SCHUSTER, R., SCHEFER, S., TISCHLER, M. & USTASZEWSKI, K. (2008): The Alpine-Carpathian- Dinaridic orogenic system: Correlation and evolution of tectonic units, *Swiss J. Geosci.*, 101, 139 – 183.
- STUR, D. (1861): Erste Mittheilung über die geologische Übersichtsaufnahme von West-Slavonien. *Jahrb. Geol. Reichsanst.*, 12, H.1, Verhandl., 115 – 118, Wien.
- STUR, D. (1862): Zweite mittheilung über die geologische Übersichtsaufnahme von West-Slavonien. *Jahrb. Geol. Reichsanst.*, Jahrg. 1861. und 1862., 12, H.2, Verhandl., 200 – 205, Wien.
- ŠIKIĆ, K. (1981): Facijesi mezozoika Papuckog gorja. Magistarski rad. Sveučilište u Zagrebu, Postdiplomski studij prirodnih znanosti, Zagreb, 81 str.
- ŠIKIĆ, K. & BRKIĆ, M. (1975): Donji trijas u Papuku i Krndiji. *Geol. vjesnik*, 28, 133 – 141, Zagreb.
- ŠIKIĆ, K., BRKIĆ, M., ŠIMUNIĆ, A, GRIMANI, M. (1975): Mezozojske naslage Papuckog gorja. – *Radovi Znan. savj. za naftu JAZU, Sekc. Geol. Geof. Geokem.*, 5, str.. 87 – 96, Zagreb.
- ŠOLAJA, D. (2010): Strukturna analiza recentne i neotektonske aktivnosti na području Lonjsko – Ilovske zavale između Daruvara i Kutine. Neobjavljeni Diplomski rad, Sveučilište u Zagrebu, 72p., Zagreb.

- TAJDER, M. (1957): Petrografsko istraživanje zapadnog dijela Papuka (Petrographic investigation of the western part of the Papuk Mt.–in Croatian). Ljetopis JAZU 62, 316 – 323.
- TAJDER, M., NEDELA-DEVIDE, D., MAGDALENIĆ, Z. & OŽEGOVIĆ, F. (1960) : Tumač Osnovnoj geološkoj karti FNRJ. List Daruvar-52 . Fond struč. dok. IGI , Zagreb.
- TARI, G., HORVÁTH, F., RUMPLER, J. (1992): Styles of extension in the Pannonian Basin. *Tectonophysics* 208, 203 – 219.
- TOMLJENOVIC, B. (2002): Strukturne Značajke Medvednice i Samoborskoj gorja. Neobjavljena Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 208 pp., Zagreb.
- TOMLJENOVIC, B. & CSONTOS, L. (2001): Neogene-Quaternary structures in the border zonebetween Alps, Dinarides and Pannonian Basin (Hrvatsko Zagorje and KarlovacBasins, Croatia). *Int. J. Earth Sci.* 90, 560 – 578.
- TOMLJENOVIC, B., CSONTOS, L., MÁRTON, E. & MÁRTON, P. (2008), Tectonic evolution of the northwestern Internal Dinarides as constrained by structures and rotation of Medvednica Mountains, North Croatia, *Geol. Soc. London, Spec. Publ.*, 298(1), 145 – 167.
- TOMLJENOVIC, B., HERAK, M., HERAK, D., KRALJ, K., MATOŠ, B. (2010): New data on seismotectonic activity in Croatia // 4. Hrvatski geološki kongres, Knjiga sažetaka / Horvat, Marija (ur.). Zagreb : Hrvatski geološki institut, 2010. 404 – 405.
- TWISS, R.J. & MOORES, E.M. (1992): *Structural Geology*. W.H. Freeman and Company, New York, 532.
- USTASZEWSKI, K., SCHMID, S.M., FÜGENSCHUH, B., TISCHLER, M., KISSLING, E., SPAK-MAN, W. (2008): A map-view restoration of the Alpine-Carpathian-Dinaridicsystem for the Early Miocene. *Swiss J. Geosci.* 101 (Suppl.), 273 – 294.
- USTASZEWSKI, K., SCHMID, S.M., LUGOVIĆ, B., SCHUSTER, R., SCHALTEGGER, U.,D. BERNOULLI, D., HOTTINGER, L., KOUNOV, A., FÜGENSCHUH, B., SCHEFER, S. (2009): Late Cretaceous intra-oceanic magmatism in the internal Dinarides (northern Bosnia and Herzegovina): Implications for the collision of theAdriatic and European plates, *Lithos*, 108, 106 – 125.

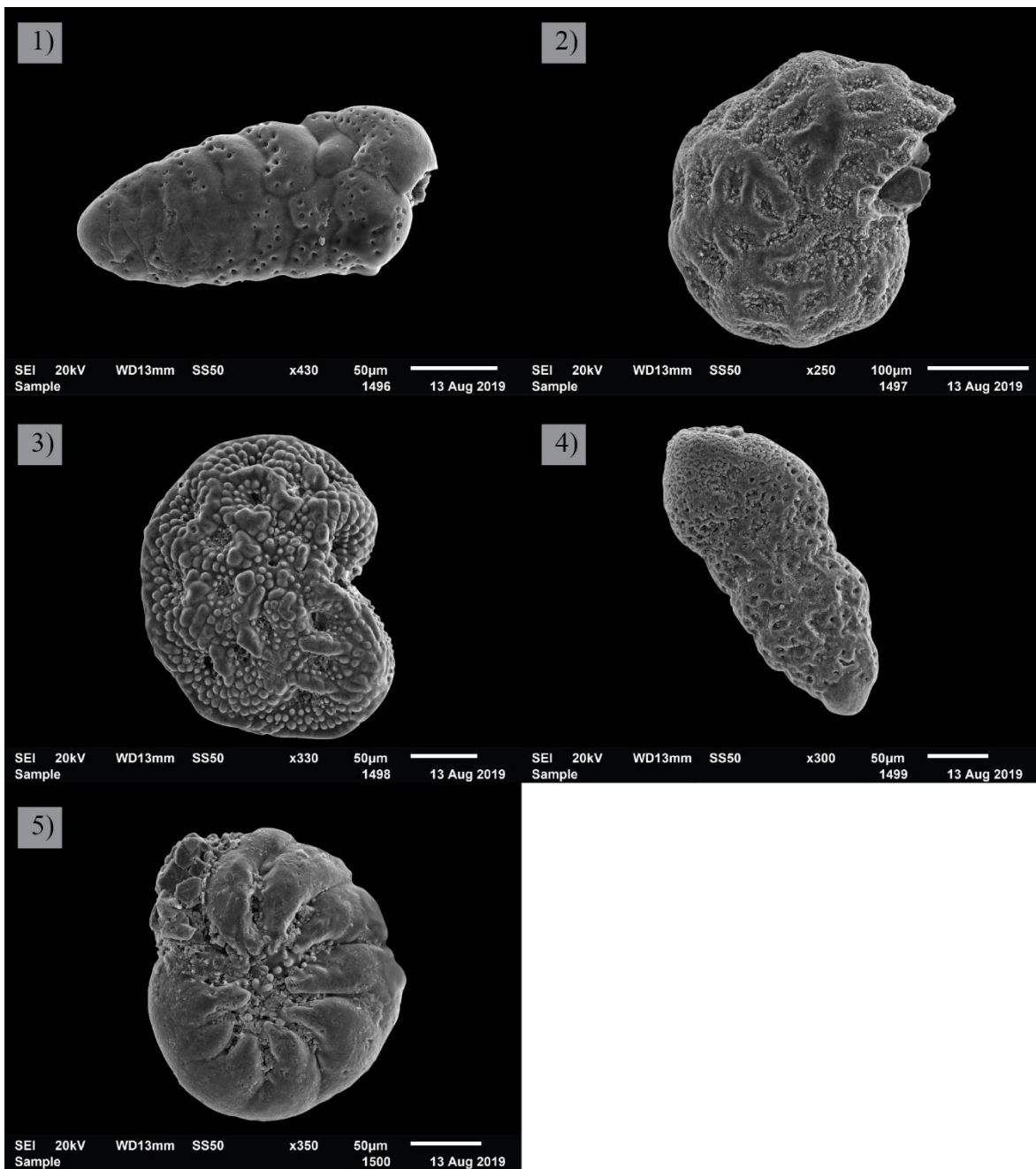
- USTASZEWSKI, K., KOUNOV, A., SCHMID, S.M., SCHALTEGGER, U., KRENN, E., FRANK, W., FÜGEN-SCHUH, B. (2010): Evolution of the Adria–Europe plate boundary in the northern Dinarides: from continent–continent collision to back-arc extension. *Tectonics* 29, TC6017.
- USTASZEWSKI, K., HERAK, M., TOMLJENOVIC, B., HERAK, D., MATEJ, S., (2014): Neotectonics of the Dinarides - Pannonian Basin transition and possible earthquake sources in the Banja Luka epicentral area. *J. Geodyn.* 82, 52 – 68.
- VELIĆ, J. (2007): *Geologija ležišta nafte i plina*, Sveučilište u Zagrebu, RGN-f, Zagreb.
- VERDEL, C., VAN DER PLUIJM, B., NIEMI, N. (2012): Variation of illite/muscovite  $^{40}\text{Ar}/^{39}\text{Ar}$  age spectra during progressive low-grade metamorphism: and example from the US Cordillera. *Contrib. Mineral Petrol.* 164 (3): 521 – 536.
- VÖRÖS, A. (1977): Provinciality of the Mediterranean Lower Jurassic brachiopod fauna: causes and plate-tectonic implications. *Paleogeography Paleoclimatology Paleocology* 21, 1 – 16.
- VRABEC, M. & FODOR, L., (2006): Late Cenozoic Tectonics of Slovenia: Structural Styles at the Northeastern Corner of the Adriatic Microplate.– In: PINTER, N., GRENERCZY, G., WEBER, J., STEIN, S. & MEDAK, D. (eds.): *The Adria Microplate: GPS Geodesy, Tectonics and Hazards*. NATO Science Series, IV, Earth and Environmental Sciences, 61, 151 – 168.
- VRAGOVIĆ, M. (1965a): Prilog poznavanju petrografskog sastava granitoidnih terena Papuka. *Acta geologica* 34, 327 – 332.
- VRAGOVIĆ, M. (1965b): *Graniti i gnajsi Papuka*. Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, 232 str.
- WODICZKA, P. (1855): Bericht über Geologische Untersuchung der K.K. Studien-Fondsherrschaft Kutjevo in Slavonien. *Jahrb. Geol. Reichsanst.*, 6/4 (Verh.), str. 858, Wien.





**Tabla 1.**

- 1) *Porosononion granosum* (d'Orbigny)
- 2) *Elphidium hauerinum* (d'Orbigny) - provodna za sarmat
- 3) *Elphidium* cf. *nataliae* (Popescu)
- 4) *Elphidium* sp.
- 5) *Elphidium* sp.



**Tabla 2.**

- 1) *Bolivina* sp.
- 2) *Elphidium fichtelianum* (d'Orbigny) - blaga rekristalizacija
- 3) *Elphidium* sp.
- 4) *Bolivina* sp. - zbog disolucije, otapanja malo veće pore
- 5) *Ammonia viennensis* (d'Orbigny)

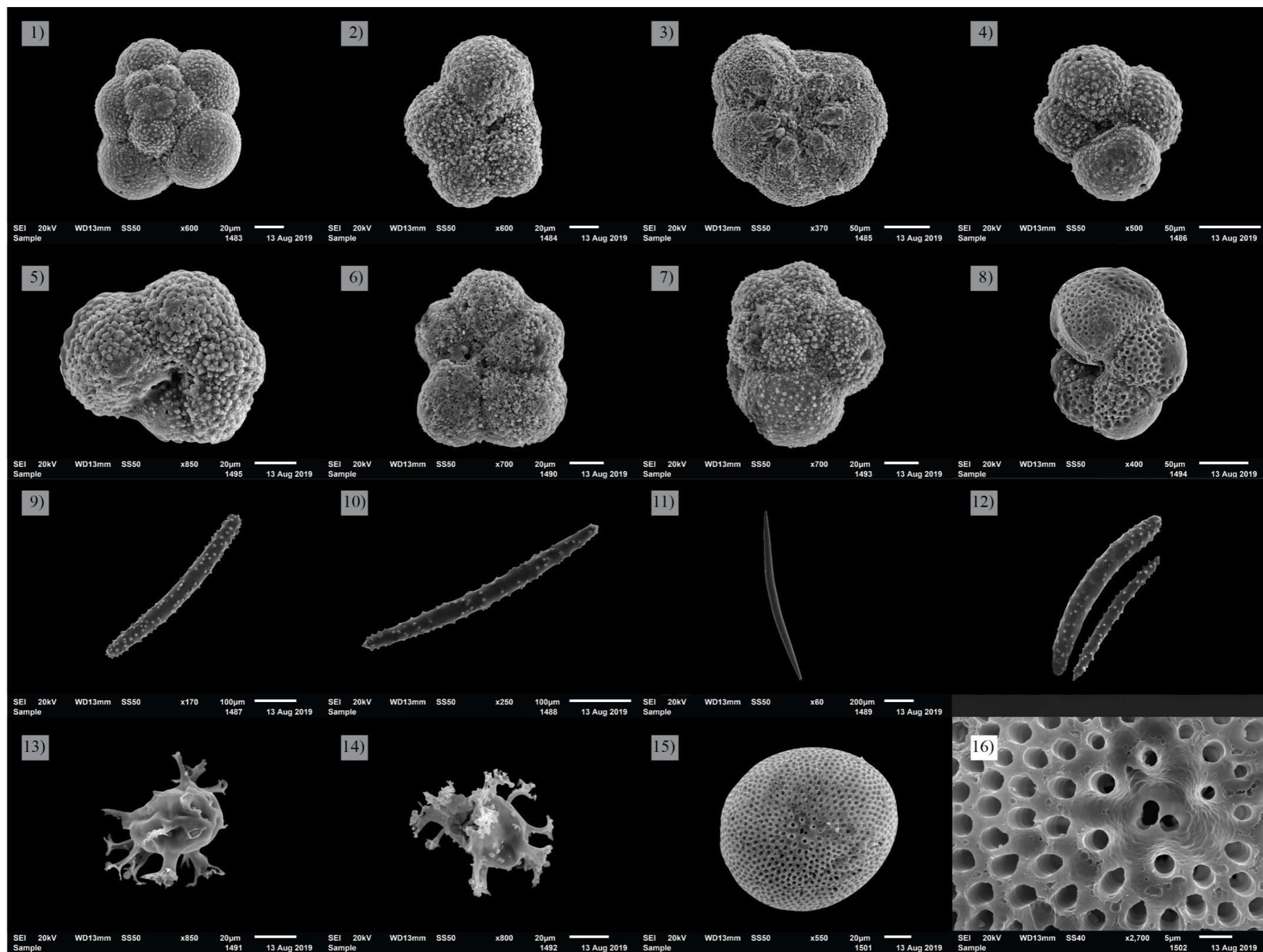
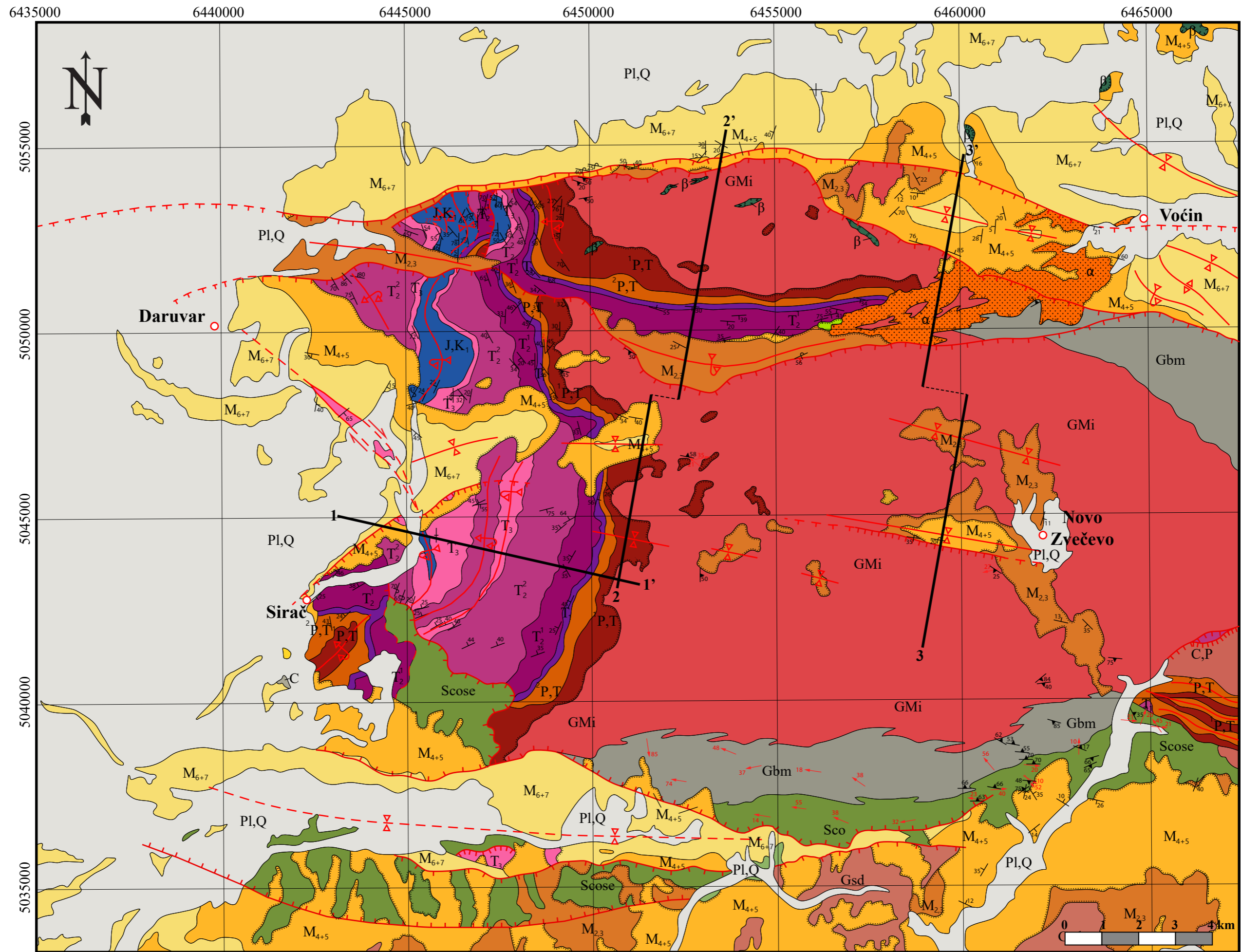


Tabla 3.

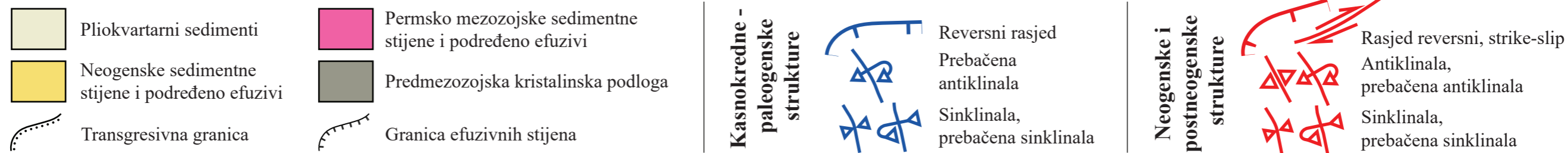
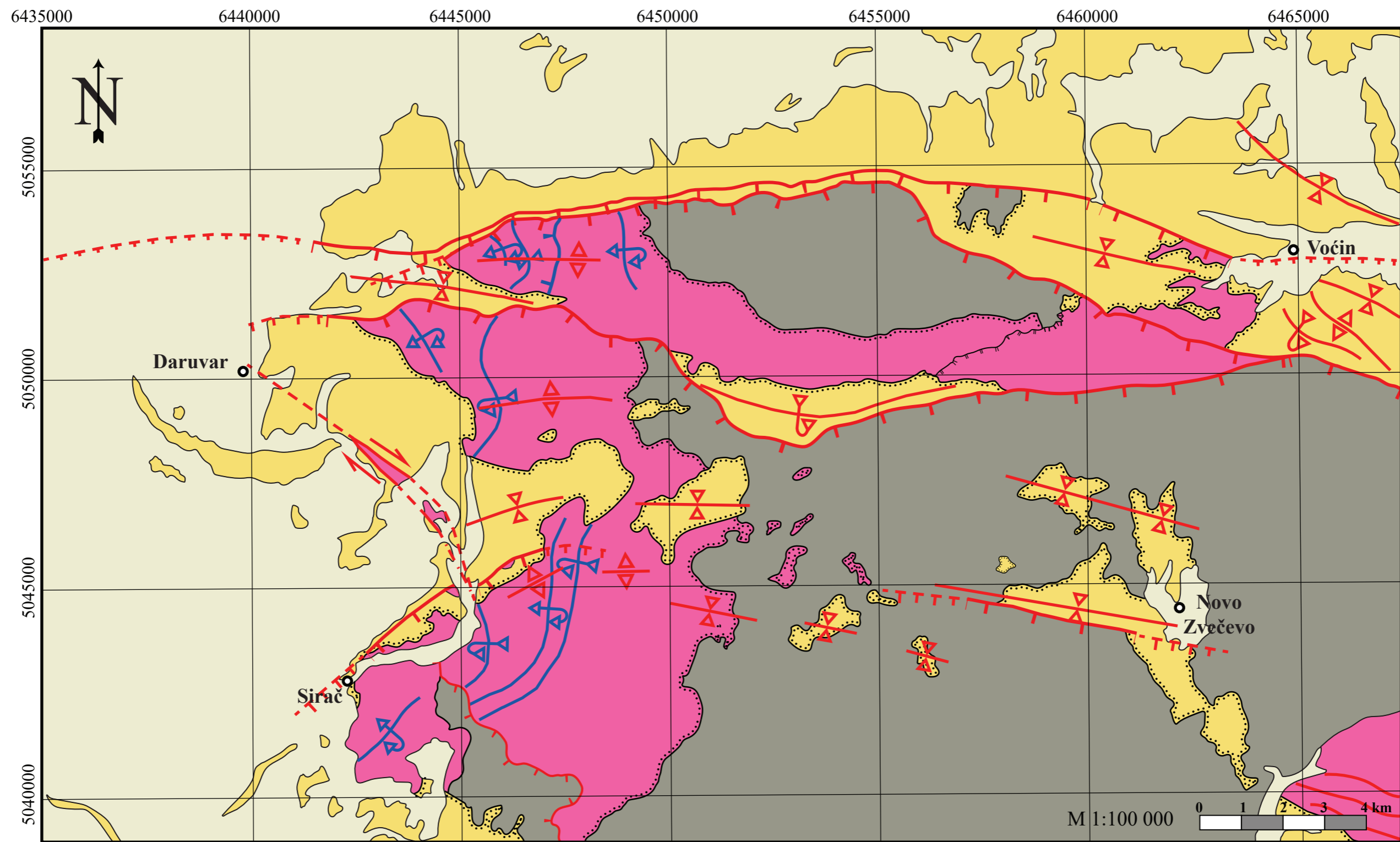
- |  |  |  |
|--|--|--|
| 1) <i>Tenuitella munda</i> (Jenkins) - spiralna strana       | 5) <i>Globigerinita glutinata</i> (Egger) - s dodanim gametogenim kalcitom | 9,10, 12) spikule spužvi                     |
| 2) <i>Tenuitella munda</i> (Jenkins) - jako rekristalizirana | 6) <i>Tenuitella</i> sp. - jako rekristalizirana                           | 11) <i>Gyrosigma</i> sp.                     |
| 3) Rekristalizirana <i>Globorotalia</i> sp.                  | 7) <i>Globigerinita glutinata</i> (Egger)                                  | 13, 14) Vapnenačka dinocista (dinoflagelati) |
| 4) <i>Tenuitella munda</i> (Jenkins)                         | 8) <i>Globorotalia</i> sp.   | 15,16) nepoznato                             |





M 1:100 000












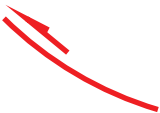














Prilog 1. Geološka karta istraživanog područja prema OGK listovima Daruvar (JAMIČIĆ, 1989) i Orahovica (JAMIČIĆ & BRKIĆ, 1987), djelom nadopunjena i preuređena prema rezultatima ovog rada.



**Prilog 2.** Karta glavnih struktura istraživanog područja prema OGK listovima Daruvar (JAMIČIĆ, 1989) i Orahovica (JAMIČIĆ & BRKIĆ, 1987), djelom nadopunjena i preuređena prema rezultatima ovog rada.



# LEGENDA

 P1,Q	klastiti, pliocen i kvartar		
 M <sub>6+7</sub>	klastiti, mlađi miocen		
 M <sub>4+5</sub>	vapnenci i klastiti, srednji miocen	 Scose	kloritni škriljavci psunjskog kompleksa
 M <sub>2,3</sub>	klastiti, donji miocen	 Gsd	gnajsevi psunjskog kompleksa
 α	efuzivne stijene, mlađa kreda	 β	efuzivne stijene, kredne ili neogenske starosti
 K <sub>2</sub>	rudistni vapnenci i klastiti, mlađa kreda		
 J,K <sub>1</sub>	pelagički vapnenci, jura i najstarija kreda		
 T <sub>3</sub>	karbonati, podređeno klastiti, mlađi trijas		reversni rasjed na profilu
 T <sub>2</sub> <sup>2</sup>	dolomiti i dolomitizirani vapnenci, ladinik		transgresivna granica na profilu
 T <sub>2</sub> <sup>1</sup>	karbonati, anizik		
 T <sub>1</sub>	klastiti, stariji trijas		Reversni rasjed na karti
 <sup>2</sup> P,T	kvarcni pješčenjaci, mlađi permotrijas		Antiklinala, prebačena antiklinala
 <sup>1</sup> P,T	konglomerati, stariji permotrijas		Sinklinala, prebačena sinklinala
 GMi	granitoidi i migmatiti papučkog kompleksa		
 Sco	kloritni škriljavci papučkog kompleksa		Transgresivna granica
 Gbm	gnajsevi i tinjčasti škriljavci papučkog kompleksa		Granica efuzivnih stijena

Prilog 3. Legenda priloga 1.