

# Geološka građa i rekonstrukcija tektogeneze središnjega dijela Ćićarije

---

**Palenik, Damir**

**Doctoral thesis / Disertacija**

**2020**

*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:169:313019>

*Rights / Prava:* [Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International/Imenovanje-Nekomercijalno-Bez prerada 4.0 međunarodna](#)

*Download date / Datum preuzimanja:* **2024-08-27**



*Repository / Repozitorij:*

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





Sveučilište u Zagrebu

RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Damir Palenik

**Geološka građa i rekonstrukcija  
tektogeneze središnjega dijela Ćićarije**

DOKTORSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Igor Vlahović

Dr. sc. Dubravko Matičec

Zagreb, 2020.



Sveučilište u Zagrebu

RUDARSKO-GEOLOŠKO-NAFTNI FAKULTET

Damir Palenik

**Geološka građa i rekonstrukcija  
tektogeneze središnjega dijela Ćićarije**

DOKTORSKI RAD

Mentori:

Prof. dr. sc. Igor Vlahović

Dr. sc. Dubravko Matičec

Zagreb, 2020.



University of Zagreb

FACULTY OF MINING, GEOLOGY AND PETROLEUM  
ENGINEERING

Damir Palenik

**Geological Structure and  
Reconstruction of Tectogenesis of the  
Central Part of the Ćićarija Mt.**

DOCTORAL DISSERTATION

Supervisors:

Prof. Igor Vlahović, PhD

Dubravko Matičec, PhD

Zagreb, 2020

Ovaj doktorski rad je izrađen u Hrvatskom geološkom institutu pod vodstvom prof. dr. sc. Igora Vlahovića i dr. sc. Dubravka Matičeca u sklopu Poslijediplomskoga doktorskog studija na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu

*...Neni i Idi*

## ZAHVALE

*Suvremena geološka istraživanja u svrhu izrade geološke karte nekog područja zahtijevaju multidisciplinirani pristup i blisku suradnju stručnjaka raznih geoloških specijalnosti, ali i vrlo dobro poznavanje informatičkih vještina tijekom kabinetskoga rada. Samim time, izrada ovoga doktorskog rada ne bi bila moguća bez velike i nesebične pomoći dragih i cijenjenih profesora, kolega i prijatelja, te im stoga na ovom mjestu želim izraziti svoju veliku zahvalnost.*

*Prvome mentoru, akademiku prof. dr. sc. Igoru Vlahoviću najiskrenije zahvaljujem na ukazanom povjerenju, višegodišnjim vrlo konstruktivnim raspravama, a posebno na prijenosu znanja i iskustva te pažljivom čitanju i brojnim korisnim primjedbama koje su znatno pridonijele kvaliteti sadržaja te boljoj organizaciji i stilu teksta. Zahvaljujem mu i na svemu što smo zajednički prošli, što smo zajedno otkrivali, od terenskih do kabinetskih radova, na prijateljstvu i na svemu što sam uz njega naučio u prvih 5–6 godina svojega profesionalnog rada na Hrvatskom geološkom institutu, ali i kasnije.*

*Drugome mentoru, dr. sc. Dubravku Matičecu najiskrenije zahvaljujem na višegodišnjem usmjeravanju i zajedničkom terenskom radu u Istri, na Čićariji te u drugim dijelovima Krških Dinarida i jadranskih otoka. Posebno mu zahvaljujem na dugogodišnjoj mentorskoj i prijateljskoj potpori još od samih početaka mojih aktivnosti na HGI-u pa preko izrade magistarskog rada do izrade ovoga doktorskog rada. Zahvaljujem mu na velikoj i nesebičnoj pomoći u mojoj cjelokupnoj aktivnosti u geologiji.*

*Doc. dr. sc. Bojanu Matošu, predsjedniku Povjerenstva za ocjenu i obranu rada, najiskrenije zahvaljujem na pažljivom i vrlo pedantnom čitanju, brojnim zajedničkim diskusijama o strukturnoj problematici i analizi izmjerenih strukturnih podataka, što je sve skupa bilo popraćeno brojnim vrlo korisnim savjetima koji su uvelike poboljšali konačnu kvalitetu ovoga rada.*

*Najiskrenije zahvaljujem i prof. dr. sc. Blanki Cvetko Tešović, članici Povjerenstva za ocjenu i obranu rada, također na vrlo pažljivom čitanju cijeloga rada, a osobito dijelova vezanih za opise litostratigrafskih jedinica te paleogeografiju istraživanoga područja. Zahvaljujem joj i na brojnim vrlo korisnim diskusijama i savjetima vezanim za biostratigrafiju te razvoj krednih i paleogenskih naslaga istraživanoga područja. Svakako joj posebno zahvaljujem na uvijek nasmiješenom licu i vrlo dobronamjernom, pravom prijateljskom*

*pristupu prilikom zajedničkih diskusija koje su bitno utjecale na poboljšanje kvalitete doktorskoga rada.*

*Dr. sc. Tonćiju Grgasoviću, članu Povjerenstva za ocjenu i obranu rada, isto tako najiskrenije zahvaljujem na vrlo strpljivom i pedantnom čitanju cijeloga rada, vrlo konstruktivnim i korisnim diskusijama i sugestijama posebice vezanima za dolomite te općenito opisivanje litostratigrafskih jedinica. Ujedno mu zahvaljujem i na velikoj i nesebičnoj pomoći oko mikroskopiranja i određivanja zelenih alga. Posebno mojem dragom Tonćiju od svega srca zahvaljujem na već dvadesetak godina iskrenoga prijateljstva.*

*Najiskrenije zahvaljujem i svojoj matičnoj kući, Hrvatskom geološkom institutu, u kojem je izrađen ovaj rad, osobito Zavodu za geologiju na čelu s predstojnicom Zavoda dr. sc. Koraljkom Bakrač te bivšim predstojnicima, dr. sc. Damirom Slovincem i dr. sc. Ivanom Hećimovićem, koji je nažalost preminuo prošle godine, na ukazanom povjerenju, podršci i materijalnoj potpori koja je omogućila provedena istraživanja i samu izvedbu te tehničku opremljenost ovog rada.*

*Posebno zahvaljujem i svojim dragim kolegama i prijateljima, članovima ekipe koja je sudjelovala u geološkim istraživanjima središnjega dijela Ćićarije, ujedno i koautorima geološke karte toga područja, Ladislavu Fučeku, dipl. ing. geol. i dr. sc. Tvrtku Korbaru. Oni su svojim iskustvom, znanjem i savjetima bitno pridonijeli izradi geološke karte istraživanoga područja M 1:50.000, a time i kvaliteti samoga doktorskog rada. Uz to su mi omogućili da uz njih stječem znanja iz terenskih istraživanja i interpretacije terenskih podataka te da uz njih stručno i znanstveno napredujem. Oni su od mojih prvih radnih dana u HGI-u bili uz mene. Osim navedenog, mojem dragom Laciju najiskrenije zahvaljujem i na brojnim danima zajedničkog proučavanja mikroskopskih preparata, određivanju rodova i vrsta te na slikanju najljepših mikrofotografija mikrofosila.*

*Najiskrenije zahvaljujem i Nenadu Oštriću, dipl. ing. geol., dr. sc. Viboru Novaku, dr. sc. Vlatku Brčiću te dr. sc. Georgu Kochu koji su također sudjelovali u terenskim istraživanjima Ćićarije i na taj način kao suradnici pridonijeli izradi nove geološke karte.*

*Posebno zahvaljujem akademiku dr. sc. Branku Sokaču na mikroskopiranju i određivanju zelenih alga jer su njegovi rezultati bitno utjecali i na sam opis mikrofosilnog sastava litostratigrafskih jedinica starije krede, kao i na konačni izgled nove geološke karte istraživanoga područja.*



*Puno zahvaljujem dragim kolegama Stanislavu Bergantu, dipl. ing. geol. i Krešimiru Petrinjaku, dipl. ing. geol., na pomoći pri mikroskopiranju preparata paleogenskih naslaga, a Kreši još i dodatno zahvaljujem na tehničkoj obradi nekih terenskih skica.*

*Najiskrenije zahvaljujem gospođi Jasni Severec, Pavlu Feriću, dipl. ing. geol., Marku Budiću, dipl. ing. geol. i Nikoli Beliću, dipl. ing. geol. te umirovljenom gospodinu Ivi Suši na tehničkoj pomoći, kao i na izradi svih priloga i grafičkom opremanju rada.*

*Kolegi Danijelu Ivaniševiću, dipl. ing. geol., zahvaljujem na pomoći prilikom formatiranja teksta i općenito na spremnosti da uvijek pravodobno uskoči kod nekih tehničkih poteškoća.*

*Zahvaljujem i svim djelatnicima iz brusione Zavoda za geologiju, koji su sudjelovali u izradi pločica i preparata iz kojih je određen mikrofosilni sadržaj pomoću kojega su opisane i definirane litostratigrafske jedinice.*

*Puno zahvaljujem Karolini Smrečki, tajnici Zavoda za geologiju, na svojoj pomoći i razumijevanju.*

*Zahvaljujem i svojem dragom „cimeru“ Radovanu Filjaku, dipl. ing. geol., na korisnim savjetima, prijateljskoj podršci i motivaciji tijekom izrade ovoga doktorskog rada i svih godina zajedničkoga rada.*

*Posebno zahvaljujem i svojem bivšem direktoru, nažalost preminulom mr. sc. Đuri Benčeku, na prijateljskoj podršci, a najviše od svega na tome što je uvijek vjerovao u mene.*

*Najiskrenije zahvaljujem gospođama Željki i Andrei iz Ureda za poslijediplomski studij RGN fakulteta na velikoj srdačnosti, iznimnoj ljubaznosti i svojoj administrativnoj i drugoj pomoći tijekom doktorskog studija.*

*Svi ovdje nabrojani dragi ljudi su posredno, svaki na svoj način, utjecali na izradu i kvalitetu ovog rada, no postoji i puno onih koji su neposredno sudjelovali u svemu tome, a koji ovdje nisu poimence spomenuti. Stoga, zahvaljujem i svim dragim kolegicama i kolegama iz HGI-a te iz drugih institucija, koji su mi svojom dobrom voljom, savjetima, posudbom i/ili ustupanjem literature, savjetima i prijateljskim odnosom pomogli i motivirali me te na taj način bili vrlo važan „kotačić“ pri izradi ovoga rada. Oni će se, vjerujem, u riječima ove zahvale, znati prepoznati...*

*I na kraju posebno zahvaljujem svojoj obitelji, mojim najmilijima Neni i Idi, svojim roditeljima i bratu Darku na vedrini i strpljenju, razumijevanju i bezuvjetnoj podršci tijekom svih godina izrade ovoga doktorskog rada.*

## SAŽETAK

Najvažniji ciljevi ovoga doktorskog rada bili su istražiti geološku građu i rekonstruirati tektonske pokrete kojima će se objasniti kinematika nastanka geoloških struktura na istraživanom području provedbom detaljne strukturne analize prikupljenih terenskih podataka. U sklopu tih istraživanja izrađena je nova detaljna geološka karta područja središnjega dijela masiva Ćićarije i rubnoga područja Pazinskog flišnog bazena u mjerilu 1:50.000 s izdvojenim litostratigrafskim jedinicama i definiranim međusobnim prostornim odnosima. Ukupno je kartirano površine veće od 220 km<sup>2</sup>. Na geološkoj karti je izdvojeno 13 neformalnih litostratigrafskih jedinica, koje su zbog sličnosti u slijedu naslaga nazvane prema tipskim jedinicama definiranim na drugim dijelovima nekadašnje Jadranske karbonatne platforme.

Temeljem dobro utvrđenog slijeda naslaga pojedinih litostratigrafskih jedinica istraživanog područja te usporedbe s istodobnim jedinicama šireg područja Istre i drugih dijelova nekadašnje Jadranske karbonatne platforme napravljena je detaljna rekonstrukcija paleogeografije područja današnje Ćićarije i zapadne Istre, što je uvelike pomoglo pri rješavanju tektogeneze istraživanoga područja. Na temelju nove geološke karte M 1:50.000 izrađeno je ukupno 11 geoloških profila poprečnih na pružanje glavnih struktura, s azimutom prema SI. Paleogenska ljuskava struktura jugozapadnoga dijela Ćićarije nastala je kao posljedica kompresije i navlačenja neposrednoga sjeveroistočnog zaleđa izgrađenog od kredno–paleogenih i krednih naslaga. Utvrđeno je da ona predstavlja tzv. *thin-skinned* deformaciju u čijem su nastanku sudjelovale samo paleogenske naslage koje su od svoje kredne podloge fizički odvojene plitkim regionalnim dekolmanom koji tone prema SI pod vrlo blagim kutom. Ljuskanje paketa paleogenih naslaga se odvijalo po sustavu tzv. *ramp and flat* geometrije. Istraživano područje je, s obzirom na različitosti u geološkoj građi i strukturnim karakteristikama, podijeljeno na šest manjih lokalnih strukturno-tektonskih jedinica, koje su međusobno odvojene značajnijim reverznim i navlačnim rasjedima regionalnoga značenja. Na temelju terenski izmjerenih rasjednih ploha te kinematskih indikatora strukturnom analizom proračunate su orijentacije glavnih osi polja paleonaprezanja u kojima su ti rasjedi nastali ili bili aktivni. Dobiveni podaci su u korelaciji s opisom tektonskih faza u širem području današnjih SZ Dinarida.

**Ključne riječi:** Ćićarija, geološka karta, litostratigrafske jedinice, paleogeografija, geološki profili, strukturno-tektonske jedinice, tektogeneza.

## SUMMARY

Ćićarija with its characteristic imbricate and thrust structure is one of the most geologically and tectonically complex areas of Croatia. Ćićarija stretches along the NE margin of the Istrian peninsula, and along its SW margin it is morphologically uplifted above the surrounding terrain.

The main objectives of this doctoral thesis were to investigate the geological architecture and reconstruct tectonic movements that will explain the kinematics of the structures formed in the study area by conducting a detailed structural analysis of the collected field data. As a part of this research a new detailed geological map based on lithostratigraphic principles has been produced. More than 220 km<sup>2</sup> of the mapped area include the central part of the Ćićarija and marginal area of the Pazin flysch basin. Geological map comprises 13 informal lithostratigraphic units named after units already defined in other areas of the Karst Dinarides. A very important new scientific contribution of the new geological map is more detailed stratigraphical discussion of Cretaceous units.

Detailed reconstruction of the Ćićarija and western Istria paleogeography was made on the basis of a well-defined vertical and lateral sequence of deposits of different lithostratigraphic units within the investigated area and detailed comparison with penecontemporaneous lithostratigraphic units of the wider area of Istria and other parts of the former Adriatic Carbonate Platform.

On the basis of the geological map 11 transverse geological cross-sections of the investigated area have been constructed. Geological cross-sections show the interpretation of subsurface relationships of structures based on surface data. The Palaeogene imbricated structure was formed as a result of compression and thrusting of northeastern hinterland composed of Cretaceous and Palaeogene deposits causing significant contraction of the area. It may be concluded that the Palaeogene imbricated structure of the SW part of the Ćićarija represents a thin-skinned deformation of exclusively Palaeogene deposits that are physically separated from the underlying Cretaceous basement by a shallow regional-scale detachment fault dipping towards the NE at a very low angle. Lowermost part of the Foraminiferal limestones, i.e. Miliolid limestones, which contain a substantial bituminous content are suitable for the development of shear planes, and they are proposed as possible décollement surface. The thrust contact of Palaeogene imbricated structure and Cretaceous deposits is of a low angle and mostly dipping towards the NE, while tectonic transport for mapped nappes and imbricated structures is SW-directed. In the area of the Palaeogene imbricated structure reverse faulting of the Palaeogene deposits package show the ramp and flat geometry. Within the imbricated

structure system, as a detachment horizons are proposed marls from Transitional Deposits, and very rarely marls from the lowermost part of the Flysch sequence.

The investigated area is divided into six local structural-tectonic units according to the differences in their lithostratigraphic properties and structural characteristics. These units are separated by major reverse and thrust faults of regional significance. Boundary faults and most important folded structures within structural-tectonic units are named after local toponymes.

For determination of fault kinematics in relation to the past and present stress fields, here, data of field measurements of dip directions and dip angles of fault planes and orientation of carbonate slickensides, as well as their sense of movement were used. Based on kinematic criteria, the structural data were separated into compatible datasets and processed by appropriate softwares (*Stereonet*, *FaultKinWin*, *Win-Tensor* and *TectonicsFP*). By using the P–T axis method theoretical maximum ( $\sigma_1$ ), intermediate ( $\sigma_2$ ) and minimum stress axes ( $\sigma_3$ ) have been calculated. Additionally, using the Right Dihedra Method, synthetic focal mechanisms for the analysed fault segments, i.e., palaeo-synthetic focal mechanisms as representations of the palaeostress fields were determined. On the basis of the structural data measured in the field and the results of kinematic analysis two major tectonic cycles were defined in the study area. The older cycle, refer to Palaeogene Tectonic Cycle that is characterized by compressional palaeostress field with the P-axis dominantly trending NE–SW. This tectonic cycle formed structures of the NW–SE strike direction, i.e. the Dinaridic strike. The activity of the younger, Neotectonic Tectonic Cycle in the study area began probably during the Late Miocene and/or Pliocene, and continues to recent. This tectonic cycle is characterized by compressional/transpressional stress field with N(-NE)–S(-SW) oriented P-axis. Neotectonic activity resulted in newly formed structures, striking N(-NE)–S(-SW), with sporadic deviations to the NW-SE strike, and structural reactivation of the older Dinaridic strike faults resulting in a dextral/sinistral movements. These results are correlatable with the description of both tectonic cycles in the wider area of NW Dinarides.

Interpretation of structural-tectonic relationships as well as analysis of the paleogeography of the study area through the Cretaceous and Palaeogene contributed to the knowledge on the tectogenesis of the present structural architecture.

**Keywords:** Čićarija, Geological Map, Lithostratigraphic Units, Palaeogeography, Geological Cross-Sections, Structural-Tectonic Units, Tectogenesis.



---

5.1.1.2.3. Litostratigrafska jedinica Gornji Humac (GH) – gornji turon–konijak .....	61
5.1.2. Paleogenske naslage .....	66
5.1.2.1. Eocen .....	66
5.1.2.1.1. Foraminiferski vapnenci (FV) – donji–srednji eocen .....	67
5.1.2.1.2. Prijelazne naslage (PN) – srednji eocen .....	75
5.1.2.1.3. Fliš (FL) – srednji–gornji eocen .....	77
5.1.3. Kasnodijagenetski dolomiti (KDD) .....	81
5.1.4. Tektogene breče .....	82
5.1.5. Kvaratar (kvartarne naslage) .....	82
5.1.5.1. Zemlja crvenica – <i>terra rossa</i> .....	83
5.1.5.2. Sipari .....	84
5.1.5.3. Slabo vezane siparišne breče .....	84
5.2. REZULTATI STRUKTURNIH ISTRAŽIVANJA I STRUKTURNO-TEKTONSKA INTERPRETACIJA ISTRAŽIVANOGA PODRUČJA ....	86
5.2.1. Strukturno-tektonska jedinica I – Pazinski flišni bazen .....	89
5.2.2. Strukturno-tektonska jedinica II – Paleogenska ljuskava struktura jugozapadnoga dijela Ćićarije .....	106
5.2.3. Strukturno-tektonska jedinica IIIa – Prva kredno–paleogenska navlačna struktura .....	122
5.2.4. Strukturno-tektonska jedinica IIIb – Druga kredno–paleogenska navlačna struktura .....	128
5.2.5. Strukturno-tektonska jedinica IIIc – Treća kredno–paleogenska navlačna struktura .....	139
5.2.6. Strukturno-tektonska jedinica IV – Borani i navučeni kredni kompleks sjeveroistočnog dijela Ćićarije .....	146
5.3. REZULTATI GEOLOŠKOG KARTIRANJA .....	158
5.4. GEOLOŠKI PROFILI SREDIŠNJEGA DIJELA ĆIĆARIJE M 1:50.000 .....	159
5.4.1. Opis geoloških profila središnjega dijela Ćićarije .....	161
5.4.1.1. Geološki profil A–A' .....	162
5.4.1.2. Geološki profil B–B' .....	163

---

5.4.1.3. Geološki profil C–C' .....	166
5.4.1.4. Geološki profil D–D' .....	168
5.4.1.5. Geološki profil E–E' .....	171
5.4.1.6. Geološki profil F–F' .....	173
5.4.1.7. Geološki profil G–G' .....	176
5.4.1.8. Geološki profil H–H' .....	179
5.4.1.9. Geološki profil I–I' .....	182
5.4.1.10. Geološki profil J–J' .....	184
5.4.1.11. Geološki profil K–K' .....	186
<b>6. RASPRAVA .....</b>	<b>189</b>
6.1. LITOSTRATIGRAFSKE JEDINICE ISTRAŽIVANOGA PODRUČJA ĆIĆARIJE I USPOREDBA S DRUGIM PODRUČJIMA NEKADAŠNJE JADRANSKE KARBONATNE PLATFORME .....	189
6.2. PALEOGEOGRAFIJA ISTRAŽIVANOGA PODRUČJA ĆIĆARIJE, ISTRE I ŠIREGA PODRUČJA TIJEKOM KREDE I PALEOGENA .....	196
6.3. STRUKTURNI ODNOSI U ISTRAŽIVANOM PODRUČJU ĆIĆARIJE .	205
6.4. TEKTONSKI CIKLUSI U ISTRAŽIVANOM PODRUČJU .....	217
6.5. NOVA GEOLOŠKA KARTA I PROFILI ISTRAŽIVANOGA PODRUČJA ĆIĆARIJE U M 1:50.000 I USPOREDBA S REZULTATIMA PRETHODNIH ISTRAŽIVANJA .....	219
<b>7. ZAKLJUČAK .....</b>	<b>238</b>
<b>8. LITERATURA .....</b>	<b>244</b>
POPIS SLIKA U TEKSTU	
POPIS TABLICA U TEKSTU	
POPIS PRILOGA	
ŽIVOTOPIS	
POPIS OBJAVLJENIH RADOVA	



## 1. UVOD

Ovaj doktorski rad izrađen je u sklopu projekta izrade Osnovne geološke karte Republike Hrvatske (OGK RH), M 1:50.000, potprojekta Ćićarija, koji obuhvaća listove Rijeka-1 te manjim dijelom i list Rovinj-2. Po novoj kartografskoj podjeli listova OGK, istraženo područje najvećim dijelom pripada listu Vele Mune. Nositelj projekta je Hrvatski geološki institut (HGI), a pri izradi ove geološke karte koristi se litostratigrafski princip, tj. kartiraju se definirane litostratigrafske jedinice, za razliku od postojeće OGK SFRJ M 1:100.000, koja je izrađena na kronostratigrafskom pristupu.

U ovom je radu prikazano recentno stanje strukturnoga sklopa središnjega dijela područja Ćićarije. Prikazani rezultati su dobiveni na temelju detaljnog geološkog kartiranja i izrade geološke karte te mnogobrojnih mjerenja strukturnih elemenata (položaja slojeva, bora, rasjeda, pukotina i pukotinskih sustava – setova pukotina), njihove statističke obrade i prikaza na strukturnim dijagramima, kao i klasifikacije i analize njihovih međusobnih prostornih odnosa.

Na pojedinim karakterističnim izdancima i profilima provedena su i detaljnija strukturno-geološka istraživanja koja su obavljena s ciljem izračuna i definiranja lokalnoga polja paleonaprezanja, njihove međusobne usporedbe te usporedbe dobivenih podataka s regionalnim strukturnim odnosima.

Detaljne sedimentološke i biostratigrafske analize u okviru definiranja litostratigrafskih jedinica, prostorni položaj kartiranih jedinica na istraživanom području te njihov međusobni odnos vidljiv na geološkoj karti i profilima značajno su pomogli pri analizi strukturnoga sklopa i kinematike pojedinih tektonskih ciklusa zaslužnih za današnji izgled terena. To je omogućilo značajno pojašnjavanje tektogeneze područja Ćićarije, što je bio i glavni cilj ovoga doktorskog rada.

Detaljno analizirano i geološkim kartiranjem te strukturno-geološkim istraživanjima obrađeno područje istraživanja je ukupne površine oko 220 km<sup>2</sup> (sl. 1.1), a obuhvaća središnji dio Ćićarije kao i rubno sjeveroistočno područje susjednoga Pazinskog flišnog bazena.



**Slika 1.1.** Položajna karta s osjenčanim područjem istraživanja.

Metodologija istraživanja za potrebe ovoga rada tipična je za suvremeni rad na geološkoj karti. Svi su radovi osim istraživanja provedenih na terenu provedeni na Hrvatskom geološkom institutu, a obuhvaćali su laboratorijske radove (pripremu i izradu preparata za mikrofacijsna i mikropaleontološka istraživanja i kemijske analize odabranih uzoraka), kao i kabinetske radove (fotogeološke, sedimentološke i mikropaleontološke analize te analizu i sintezu podataka prikupljenih geološkim kartiranjem i strukturnim istraživanjima).

Treba napomenuti, kao što je već poznato i iz ranijih istraživanja, da su prigodom terenskog rada na Ćićariji uočavanje i analiza strukturnih oblika i tektonskih elemenata bili nerijetko vrlo otežani. Razlog tomu leži u činjenici da su na cijelom istraživanom području vidljive razmjerno male litološke razlike između pojedinih izdvojenih litostratigrafskih jedinica, a da su pored toga stijene često izrazito razlomljene i tektonizirane, tako da se dobro sačuvani i otvoreni slijedovi naslaga vrlo rijetko mogu naći. Uz to, poteškoća prigodom

terenskog istraživanja bila je i u tome što su pojedina područja, strukturno najkompleksnija, zbog okršenosti i pošumljenosti teško prohodna ili gotovo u potpunosti pokrivena.

Najvažniji ciljevi ovoga doktorskog rada bili su pridobivanje novih podataka o geološkoj građi Ćićarije metodom geološkog kartiranja na litostratigrafskom principu u mjerilu 1:25.000 i rekonstruiranje tektonskih pokreta kojima bi se objasnila kinematika nastanka geoloških struktura na istraživanom području provedbom detaljne strukturne analize na odabranim lokalitetima.

Hipoteze predviđenog istraživanja su:

- 1) postanak Ćićarije uzrokovan je regionalnim sažimanjem prostora uslijed djelovanja glavnog pritiska po pravcu sjeveroistok–jugozapad;
- 2) konačno oblikovanje dinaridskih struktura vezano je za razdoblje paleogenske i starije neogenske tektonske aktivnosti;
- 3) utjecaj neotektonskog naprezanja po pravcu sjever–jug je mjestimice dezintegrirao zatečene strukture i oblikovao nove, pružanja poprečno na pravac njegovog djelovanja.

U sklopu istraživanja geološke građe i tektogeneze područja Ćićarije u ovom radu bilo je planirano napraviti sljedeće:

- pojasniti geološku i strukturno-tektonsku problematiku ovoga vrlo kompleksnog terena na temelju detaljne geološke karte s izdvojenim litostratigrafskim jedinicama i definiranim njihovim međusobnim odnosima te usporedbe s drugim područjima nekadašnje Jadranske karbonatne platforme;
- na temelju geološkog kartiranja i detaljnih strukturnih mjerenja izraditi detaljne geološke profile s presjecima struktura poprečno na njihovo pružanje;
- izraditi model postanka paleogenskih ljuskavih struktura jugozapadnoga dijela Ćićarije;
- završno, kad se utvrdi strukturni sklop Ćićarije i njezina tektogeneza, pokušati napraviti korelaciju sa susjednim područjima i smještavanje područja Ćićarije u okvir regionalnoga razvoja i geodinamike širega prostora.

Novi znanstveni doprinos koji proizlazi iz navedenih ciljeva doktorskog rada je sljedeći:

- a) detaljnija stratigrafska razrada naslaga – unutar slijeda naslaga Ćićarije osobito je poboljšana raščlamba jedinica kredne starosti kao novi doprinos znanju o geološkoj građi Ćićarije;
- b) detaljniji prikaz Ćićarijskih struktura preko izrađenih geoloških profila poprečnih na pružanje struktura;
- c) analiza paleogeografskih odnosa u istraživanom prostoru kako tijekom krede na sjeverozapadnom dijelu Jadranske karbonatne platforme tako i kasnije, tijekom paleogena, na području nastalom deformacijom nekadašnje platforme;
- d) suvremena strukturna interpretacija i tektogeneza strukturnoga sklopa Ćićarije kao novi doprinos znanju o strukturno-tektonskim odnosima područja Ćićarije;
- e) definiranje strukturnoga sklopa Ćićarije pridonijet će puno boljem razumijevanju rekonstrukcije geodinamske evolucije ovoga područja, što bi moglo uvelike olakšati buduću izradu seizmotektonskog modela kao osnove za procjenu geohazarda.

## 2. GEOLOŠKI I GEOMORFOLOŠKI SMJEŠTAJ ISTRAŽIVANOGA PODRUČJA

Prema jednostavnoj podjeli na temelju geološkog građe i različitih vrsta tala, KREBS (1907) je podijelio Istru u tri reljefne cjeline: Bijelu, Sivu i Crvenu Istru, što jasno ukazuje na različite geološke specifičnosti područja. Ta podjela je ostala široko prihvaćena sve do današnjih dana. Pritom se pod pojmom Bijela Istra podrazumijevaju područja Ćićarije i Učke na sjeveroistoku Istre, kao izdignuto, krško područje izgrađeno od okršenih krednih i paleogenskih vapnenaca. Siva Istra je središnje područje Istre koje predstavlja depresiju zapunjenu flišnim materijalom (Pazinski flišni bazen), dok Crvena Istra predstavlja jugozapadni i zapadni dio Istarskoga poluotoka, za čiju je crvenu boju u nazivu zaslužna razmjerno velika količina zemlje crvenice koja prekriva zaravan izgrađenu od jurskih, krednih i paleogenskih karbonatnih stijena.

Područje Ćićarije sa svojom naglašenom ljuskavom i navlačnom građom spada u jedno od geološki i tektonski najkompleksnijih područja Republike Hrvatske. Ćićarija se pruža sjeveroistočnim rubom Istarskoga poluotoka, a duž svojega jugozapadnog ruba je morfološki istaknuta nad okolnim terenom. Zajedno s Učkom spada u gorski dio Istre, uz koju Ćićarija čini i hipsometrijski najviši dio Istre. Ćićarija je obilježena dinaridskim pružanjem (sjeverozapad–jugoistok), a najviši vrh joj je Planik (1273 m). Za razliku od većine obalnih planina u Dinaridima Ćićarija nema jedinstven hrbat, već je njezina orografska struktura obilježena nizom hrptova, čiji se vršni dijelovi nalaze na različitim visinama, a međusobno su odvojeni plićim ili dubljim udolinama. Hrptovi nerijetko, posebno u lokalnim okvirima, ne pokazuju linearno pružanje već ih obilježava niz diskontinuiteta, pa je MIHLJEVIĆ (1995) Ćićariju definirao kao 'gorsku skupinu'. Takve reljefne značajke posljedica su specifične geološke građe povezane sa specifičnim tektonskim pokretima i geodinamskim razvojem ovoga dijela Krških Dinarida.

Ćićarija je smještena između Brkinske sinklinale (izgrađene od paleogenskih naslaga – vapnenaca i flišolikih naslaga) na sjeveroistoku, Pazinskoga flišnog bazena na jugozapadu te doline Rječine na jugoistoku (ŠIKIĆ & PLENIČAR, 1975). Ćićarija se može podijeliti na dva dijela: pretežito paleogensko područje na jugozapadu te kredno područje na sjeveroistoku. Cijelo je područje Ćićarije intenzivno tektonski poremećeno brojnim rasjedima dominantnog pružanja sjeverozapad–jugoistok (do sjever-sjeverozapad–jug-jugoistok), ali i poprečnim rasjedima pružanja sjever-sjeveroistok–jug-jugozapad. Navlačna i ljuskava građa jugozapadne Ćićarije u morfološkom smislu izgrađuje niz terasa smještenih stepeničasto, jedna iznad druge

(sl. 2.1), od željezničke pruge Buzet–Lupoglav (sl. 2.2) pa sve do kontakta s krednim naslagama u području jugozapadno od Planika. Svaku pojedinu terasu čini slijed starijih paleogenskih foraminiferskih vapnenaca navučenih na mlađe foraminiferske vapnence ili na prijelazne, a rjeđe i flišne naslage.



**Slika 2.1.** Panoramska slika Ćićarije. Pogled s Učke prema Ćićarijskim ljuskama na sjeverozapadu. Tektonski transport struktura Ćićarije je prema jugozapadu (ulijevo).



**Slika 2.2.** Panoramska slika dijela Ćićarije s čeonim dijelovima ljusaka izgrađenih od paleogenskih foraminiferskih vapnenaca. Zasjek željezničke pruge Lupoglav–Buzet–Divača. Pogled sa sjeverozapada prema jugoistoku (u pozadini je Učka), tektonski transport je prema jugozapadu (udesno).

Morfološki sjeveroistočnu granicu Ćićarije obilježava kontakt karbonatnih naslaga u kojima je oblikovan brežuljkasti reljef Ćićarijskoga zagorja te klastičnih naslaga gornjoeocenskoga fliša u kojima je oblikovano pobrđe Brkina (Brkinski flišni bazen). Područje toga bazena je po svojim morfogenetskim i morfostrukturnim osobinama gotovo identično sjeveroistočnom dijelu Istarskoga pobrđa, tj. Pazinskom flišnom bazenu koji predstavlja jugozapadnu granicu Ćićarije (MIHLJEVIĆ, 1995).

## 2.1. HIDROGEOLOŠKE OSOBINE TERENA

Područje Brkinske sinklinale na sjeveroistočnom rubu Ćićarije predstavlja nepropusnu barijeru za vode koje prolaze poroznim krškim podzemljem Ćićarije, tako da se u toj zoni na kontaktu propusnih karbonatnih i nepropusnih flišnih naslaga često pojavljuju izvori.

U dijelu Pazinskoga flišnog bazena koji je istraživani za potrebe ovoga rada najvažniji su izvori rijeke Mirne kod Buzeta te izvor kod Dolenje Vasi.

Lapori i laporovite naslage se u paleogenskoj ljuskavoj strukturi Ćićarije nalaze u obliku uskih zona, kao dio ljusaka i kao podina preko koje su navučeni paleogeni i kredni vapnenci, pa također dijelom zadržavaju vodu te se u tim dijelovima terena nalazi voda koja preljevno izlazi na površinu. Postoji cijeli niz takvih izvora u području istraživanja, od kojih možemo izdvojiti primjerice izvor Korita sjeveroistočno od Brgudca.

Djelomično nepropusnu barijeru za vode u kršu Ćićarije predstavljaju i vapnenačko-dolomitne breče na prijelazu iz donje u gornju kredu (gornjoalbsko–donjocenomanske breče). Takvi izvori na dolomitnim brečama nalaze se kod sela Dana te kod Velih i Malih Muna.

## 2.2. MINERALNE SIROVINE NA ĆIĆARIJI

Područje Ćićarije ne sadrži gospodarski značajnije rezerve mineralnih sirovina, velikim dijelom i zbog činjenice da je tektonski vrlo kompleksno. Eksploatacija arhitektonsko-građevnog kamena moguća je isključivo u tektonski manje poremećenim područjima, a takve potencijalne lokacije su razmjerno rijetke i ograničenih površina. Kao primjer takve eksploatacije treba navesti danas napušteni kamenolom 'Planik' gdje su eksploatirani blokovi gornjokrednih rudistnih vapnenaca litostratigrafske jedinice Gornji Humac. Radi se o prigrebenskim litotipovima vapnenaca zbog čije su vrlo svijetle, gotovo bijele boje i sjaja uzrokovanog

izrazitom rekristalizacijom prilikom eksploatacije često nazivani komercijalnim imenom „mramori“.

Paleogenski foraminiferski vapnenci kao arhitektonsko–građevni kamen eksploatirani su u kamenolomu kod Lupoglava. Radi se o vrlo atraktivnom i cijenjenom kamenu poznatom pod komercijalnim imenom Istranka, varijetetu foraminiferskih vapnenaca taloženih u nešto dubljem priobalnom okolišu s puno ostataka skeleta velikih paleogenskih foraminifera (asilina, numulita i dr.).

Od trenutno aktivnih kamenoloma treba spomenuti kamenolom 'Sveti Ivan' kod Buzeta gdje se vade paleogenski foraminiferski vapnenci sličnog litotipa kao i Istranka, odnosno gornji, završni članovi jedinice foraminiferski vapnenci. U tom su kamenolomu stijene izrazito tektonizirane, a fosilni sadržaj je bitno siromašniji pa se zato eksploatira isključivo kao tehničko–građevni kamen (sl. 2.3). Treba napomenuti da je kod oba ova kamenoloma riječ o prvim, nižim ljuskama Ćićarije (MATIČEC et al., 2013).



**Slika 2.3** Kamenolom 'Sveti Ivan' nedaleko od Buzeta u kojem se foraminiferski vapnenci eksploatiraju kao tehničko–građevni kamen.



### 3. PREGLED DOSADAŠNJIH ISTRAŽIVANJA

Zbog svoje kompleksne geološke građe i razmjerno debeloga slijeda krednih i paleogenskih naslaga područje Ćićarije predstavljalo je izazov istraživačima Krških Dinarida, tako da je već od sredine 19. stoljeća Ćićarija bila obuhvaćena brojnim geološkim istraživanjima. Od tada do danas stručnjaci i znanstvenici različitih geoloških disciplina svojim radovima pridonose ukupnom znanju o geološkoj građi i tektogenezi Ćićarije. Stoga su u ovom pregledu dosadašnjih geoloških istraživanja nabrojani najvažniji radovi koji su iz različitih aspekata pridonijeli današnjim spoznajama. Ovakav pregled ujedno prikazuje i različita idejna rješenja koja svjedoče o razvoju geoloških spoznaja kroz vrijeme.

#### 3.1. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA OPĆE GEOLOŠKE GRAĐE ĆIĆARIJE I SUSJEDNIH PODRUČJA

Prve značajne radove o stratigrafiji krednih i osobito paleogenskih naslaga Ćićarije napisao je Guido STACHE (1859, 1864, 1872, 1880, 1889). Kredne naslage je podijelio u dva kompleksa: donji, urgonsko–cenomanski, i gornji, turonsko–senonski kompleks. Naglasio je i ljuskavu građu Ćićarije ('terasasti' oblik Ćićarije), odnosno spomenuo je izoklinalnu boranost i dosta kompliciranu građu Ćićarije i dijela Učke. U jednom od svojih najznačajnijih radova, 'Die Liburnische Stufe und deren Grenz-Horizonte' iz 1889. godine, detaljno je razradio paleogensku faunu.

Prvu geološku kartu područja Ćićarije objavio je HAUER (1868) u okviru 'Pregledne geološke karte Austro-Ugarske Monarhije'. To je ujedno bio i prvi detaljan prikaz geološke građe Ćićarije i područja Istre.

SCHUBERT (1902) je objavio rad o cenomanskim i turonskim ostreidnim školjkašima, zatim o srednjoeocenskim globigerinskim laporima (1904), te o stratigrafiji srednjega eocena (1905). On je izdao i Geološki vodič sjevernoga Jadrana (1912) u kojem je prikazao stratigrafski i tektonski pregled Istre, pri čemu je spomenuo i navlačne strukture. Njegovi se podaci uglavnom podudaraju s prikazom u radovima Stachea. Sličnom problematikom bavio se i Sacco i u svojem je prvom radu (SACCO, 1924a) prikazao geološku kartu Istre i susjednih područja u mjerilu 1:200.000, a iste je godine (SACCO, 1924b) izašlo i njegovo vrlo opširno djelo, koje je predstavljalo tumač te karte i sintezu istraživanja istarske geologije, hidrografije, klimatologije, speleologije i istraživanja mineralnih sirovina.

TONIOLO (1909) je obradio bogatu paleogensku faunu te je prikazao rezultate proučavanja geološke građe okolice Roča na Ćićariji.

U razdoblju između dva Svjetska rata nije bilo značajnijih geoloških istraživanja u ovome području. Značajniji su radovi započeli pedesetih godina 20. stoljeća kad je ŠIKIĆ (1951/53) istraživao mogućnosti nalaska novih produktivnih ugljenonosnih naslaga u Pazinskom bazenu. Osim toga je razradio i strukturne i paleogeografske odnose širega područja, uključujući i Ćićariju i Učku.

U cijelom nizu radova koje je objavio SALOPEK (1954a, b, c; 1956a, b) predstavljeni su detaljni prikazi stratigrafskih i strukturno-tektonskih odnosa širega područja Ćićarije i Učke. Ti radovi sve do današnjih dana ostaju vrlo dobar temelj za geološka istraživanja ovoga područja.

MALEZ (1954, 1955, 1960) je u više navrata provodio speleološka istraživanja u području Učke i Ćićarije, pri čemu je obradio mnogobrojne dotad nepoznate speleološke objekte.

POLŠAK (1957) je objavio rad u kojem je opisao postkredne polimiktne breče u području Rijeke i Kastva, a brečama na sjeveroistočnim padinama Ćićarije bavili su se i BLAŠKOVIĆ & PRELOGOVIĆ (1966), uspoređujući ih s Prominskim i Jelar-brečama.

PLENIČAR (1960) je utvrdio grebenski facijes i facijes nešto dubljega mora u kompleksu karbonatnih naslaga donje i gornje krede u području sjeverozapadnoga dijela Ćićarije.

ŠIKIĆ & BLAŠKOVIĆ (1965) su izdali rad u kojem su obradili i korelirali naslage donje krede (od valendisa do alba) područja Učke, Ćićarije i Hrvatskoga primorja.

U svojem doktorskom radu ŠIKIĆ (1965) je prikazao rezultate istraživanja paleogenih naslaga Istre, pri čemu je pored Pazinskoga flišnog bazena analizirao i područje jugozapadnoga dijela Ćićarije.

BLAŠKOVIĆ (1969) je dao detaljan opis geoloških odnosa i struktura na području središnjega dijela Ćićarije, čime je značajno pridonio pojašnjavaњу strukturnoga sklopa cijeloga područja. U radu je prikazao i geološku kartu kao nastavak istraživanja koje je proveo SALOPEK (1954a; 1954c), kao i više detaljnih geoloških profila. Pritom je izdvojio sedam krednih litostratigrafskih jedinica, od kojih su četiri jedinice donjokredne starosti, a tri pripadaju gornjoj kredi. Ukupna debljina krednih naslaga prema njegovoj procjeni iznosi oko 2.900 m. Od paleogenih naslaga izdvojio je foraminiferske vapnence starosti od donjega eocena do donjega dijela srednjeg eocena te 'flišolike naslage i vapnene breče' srednjoeocenske starosti.

Najopsežnija i najkompleksnija geološka istraživanja širega područja Ćićarije obavljena su u okviru izrade Osnovne geološke karte SFRJ M 1:100.000, a rezultati tih istraživanja prikazani su na nekoliko listova, prvenstveno na listu Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972) na kojem se nalazi najveći dio gorske skupine Ćićarije, a manjim dijelom i na listovima Trst (PLENIČAR et al., 1969) i Labin (ŠIKIĆ et al., 1969). Detaljan opis stratigrafskih i strukturnih odnosa prikazan je i u njihovim tumačima (list Ilirska Bistrica: ŠIKIĆ & PLENIČAR, 1975; list Trst: PLENIČAR et al., 1973; list Labin: ŠIKIĆ & POLŠAK, 1973).

Svakako najvažniji i najopsežniji rad za područje Ćićarije predstavlja Osnovna geološka karta lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972) s pripadajućim tumačem (ŠIKIĆ & PLENIČAR, 1975). Tu je izdvojeno ukupno 34 kartiranih jedinica (tri jurske, 13 krednih, deset paleogenskih, jedna pliocenska i sedam jedinica kvartarne starosti), prikazana je temeljna tektonska klasifikacija, hidrogeološke i inženjerskogeološke značajke terena, pregled mineralnih sirovina, pregled geološke povijesti istraživanoga područja, te pregled dosadašnjih istraživanja s literaturom.

Od novijih istraživanja područja Ćićarije, uz istraživanja vezana za izradu nove OGK RH M 1:50.000 koja su u tijeku, svakako treba spomenuti i temeljna geološka istraživanja i istražne radove za potrebe projekta planiranog željezničkog tunela kroz Ćićariju (VLAHOVIĆ et al., 1995a), koja su proveli djelatnici Instituta za geološka istraživanja (današnjega Hrvatskog geološkog instituta). Iz tih istraživanja proizašlo je nekoliko radova (BIONDIĆ et al., 1995; PRTOLJAN et al., 1995; VLAHOVIĆ et al., 1995b). Rezultati istraživanja različitih karbonatnih breča na Ćićariji prikazani su u radovima VLAHOVIĆ et al. (1995b, 2002) i PRTOLJAN et al. (1995), u kojima su autori razlikovali vapnenačko-dolomitne breče kompleksnoga tektogeno-dijagenetskog postanka s prijelaza donje u gornju kredu (tzv. alb–cenomanske dolomitizacijske i dedolomitizacijske breče), zatim brečokonglomerate koji se donekle mogu usporediti s Jelar naslagama (Jelar brečama) i kaotične, kataklastične, monomiktne, slabo sortirane breče (tzv. Lisinske breče).

KOIĆ (2000) je u svojem doktorskom radu na temelju snimljenih geoloških stupova opisao geodinamiku razvoja naslaga srednje krede zapadne Hrvatske, u sklopu čega su obrađene i naslage Ćićarije.

Svakako treba spomenuti i radove slovenskih geologa u sjeverozapadnom, slovenskom dijelu Ćićarije kao njezinom geološko/geografskom nastavku prema sjeverozapadu. Tu posebno treba istaknuti radove o geologiji Trščansko–komenske zaravni JURKOVŠEK et al.

(1996) i JURKOVŠEK (2008, 2010) te geološku kartu krškoga dijela Slovenije (JURKOVŠEK, 2013) s detaljnim opisima litostratigrafskih jedinica (JURKOVŠEK et al., 2013).

### **3.2. DOSADAŠNJA ISTRAŽIVANJA STRUKTURNOGA SKLOPA I TEKTOGENEZE ČIĆARIJE I SUSJEDNIH PODRUČJA**

O strukturnom sklopu i tektogenezi područja Čićarije postoji veći broj objavljenih radova. U ovom pregledu prikazat će se neka od zapažanja vezanih za tektoniku istraživanoga područja od strane ranijih autora, kao i razmatranja o tome koji su položaj Čićarija i okolna područja imali u nekim ranijim geotektonskim koncepcijama. Radovi su u ovom potpoglavlju poredani unutar određene problematike koju opisuju (npr. određene tektonske koncepcije), a unutar pojedine cjeline kronološki od starijih prema mlađima.

Prvi rad s tektonskom interpretacijom Istre i dijela Čićarije objavio je WAAGEN (1906). On je u tome području razlikovao dva strukturna sustava: jedan pružanja istok–zapad i drugi pružanja sjeverozapad–jugoistok. Uočio je i opisao promjene u orijentaciji osi bora u području Čićarije i Učke, kao i njihove vergencije. Ta je zakretanja doveo u vezu s aktivnošću tzv. „Kvarnerskoga rasjeda“, koji je u tome radu po prvi puta spomenut u literaturi (ostali radovi vezani za Kvarnerski rasjed bit će navedeni u nastavku ovoga potpoglavlja). U drugom radu vezanom za ovo područje WAAGEN (1913) je dao prilično detaljan opis reverznoga tipa rasjedanja u okolici Buzeta, navodeći to kao tipičan primjer ljuskave strukture.

Za tektoniku sjeverne Istre važan je i rad D'AMBROSI-a (1939) u kojem se nalazi i tektonska skica na kojoj su odijeljene glavne tektonske jedinice.

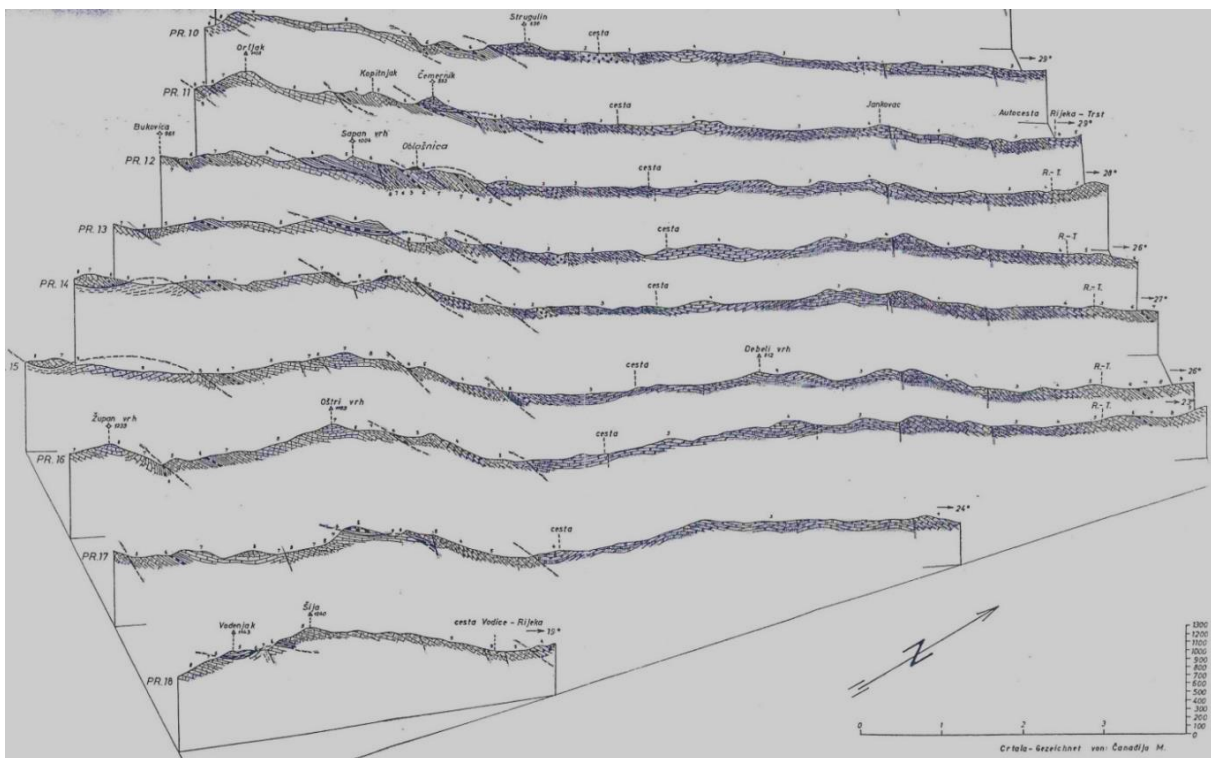
Od već u prethodnom potpoglavlju spomenutih radova, što se tiče strukturnoga sklopa i strukturnih odnosa na Čićariji (a ujedno i na susjednom području Učke), svakako treba izdvojiti dva rada SALOPEKA (1954a, c). U tim je radovima obrađen i značajan dio područja koje je istraženo u okviru ovoga doktorskog rada.

SIKOŠEK (1958, 1967) je detaljno obradio strukturne odnose u sjeverozapadnom dijelu Dinarida, što je vrlo značajno i za područje Istre i njezinoga zaleđa.

SIKOŠEK & MEDWENITSCH (1965) su prikazali novu klasifikaciju strukturnih jedinica Dinarida. Područje Istre i njezinoga zaleđa sve do Idrijskoga rasjeda svrstali su u jedinicu Adriaticum. Unutar te jedinice razlikovali su Autohton (područje zapadne i središnje Istre) i na njega iz smjera sjeveroistoka navučenu Jadransku flišnu zonu – Paraautohton.

Navlačnu granicu Parautohtona s Dinarikumom (Navlakom Visokog krša) vezuju uz sjevernu granicu pojavljivanja fliša, sjeveroistočno od Ćićarije. Naglašavajući prisutnost značajnih horizontalnih kretanja u istraživanom području istaknuli su da postupno pomicanje flišnih naslaga prema jugozapadu odgovara istodobnom pomicanju orogenetskoga „vala“ u istom smjeru.

BLAŠKOVIĆ (1969) osim o geološkoj građi središnjega dijela Ćićarije piše i o njezinom strukturnom sklopu navodeći značajne razlike u tektonskoj poremećenosti naslaga sjeveroistočnoga i jugozapadnoga dijela. Svoje tvrdnje i zaključke donosi uz prikaz geološke karte i brojnih geoloških profila poprečnih na pružanje struktura (sl. 3.1). U strukturnom pogledu područje središnjega dijela Ćićarije predstavlja antiklinalu čije je sjeveroistočno krilo sekundarno borano, a jugozapadno intenzivnije tektonski poremećeno. Utvrdio je i tri strukturne jedinice pružanja sjeverozapad–jugoistok koje su ispresijecane nizom radijalnih poprečnih rasjeda.



**Slika 3.1.** Dio geoloških profila kroz središnji dio Ćićarije (preuzeto iz BLAŠKOVIĆ, 1969).

Tektoniku, strukturne odnose i povijest nastanka današnjega strukturnog sklopa Ćićarije proučavali su i autori OGK SFRJ M 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972) te Tumača za taj list (ŠIKIĆ & PLENIČAR, 1975). Treba istaknuti da su upravo u navedenom

tumaču autori pisali o velikim borama u području Ćićarije, te ljuskama i navlačnim zonama na jugozapadnom rubu Ćićarije. Prema njima najvažniji se rasjedi pružaju sjeverozapad–jugoistok, ali postoje i poprečni rasjedi, kao bočne granice većih navučenih područja, koji su pružanja sjever-sjeveroistok–jug-jugozapad. Uz ranije navedene radove SALOPEKA (1954a, c) te BLAŠKOVIĆA (1969), OGK SFRJ M 1:100.000 lista Ilirska Bistrica i pripadajući tumač predstavljali su temeljnu literaturu za pripremu istraživanja i samo terensko istraživanje središnjega dijela Ćićarije, koje je rezultiralo novom geološkom kartom (OGK M 1:50.000) te ovim doktorskim radom.

PICCOLI (1975) je pokušao napraviti geotektonsku obradu cjelokupnoga područja Istre na temelju aerofotogeoloških istraživanja, a isto je područje istraživao i KOŠČEC (1986) obradom satelitskih snimaka.

BLAŠKOVIĆ & ALJINOVIĆ (1981) su u uzorku deformiranih laminata i tankoslojevitih albskih vapnenaca s Ćićarije uočili podudarnost u rasporedu i orijentaciji mikrostrukturnih elemenata s makrostrukturama, tj. sa strukturnom građom širega područja Ćićarije i Učke. U geološkim profilima poprečnim na dinaridsko pružanje strukturnu zonu kojoj su pribrojili i Ćićariju kontinuirano su provukli sve do srednje Dalmacije.

HERAK (1985, 1986, 1989, 1991, 1995) je u više navrata u svojim radovima o tektonici Dinarida pisao i o području Ćićarije. Tako je u području Dinarida razlikovao četiri paleookolišne i paleodinamske jedinice (HERAK, 1986, 1989, 1991) čiji je današnji položaj tumačio kao posljedicu međusobnih subdukcija izazvanih kretanjem litosferskih elemenata u smjeru sjeveroistoka. Razliku u intenzitetu kretanja od istočnoga do zapadnoga dijela Dinarida tumačio je promjenom primarne orijentacije struktura u dinaridsko pružanje sjeverozapad–jugoistok. Isti je autor pretpostavio da se karbonatno područje Dinarida izvorno sastojalo od dvije karbonatne platforme, Jadranske i Dinarske (koje je nazvao Adrijatik i Dinarik) koje su međusobno bile odvojene dubljim međuplatformnim pojasom Epiadrijatikom. Spomenutim kretanjem došlo je do subdukcije, odnosno podvlačenja Adrijatika i Epiadrijatika pod strukturni kompleks Dinarika tijekom njihovoga zajedničkog kretanja, uglavnom u smjeru sjevera. Prema Heraku područje Istre i njezinoga zaleđa predstavlja dio strukturnoga kompleksa Jadranske platforme (Adrijatika). Na njemu leže navlaka Učke, karbonatni dio Ćićarije (bez paleogenske ljuskave strukture) i dio obale od Lovrana do Rijeke, koji kao cjelina predstavljaju tektonski navlačak s karakteristikama strukturnoga kompleksa Dinarske platforme (Dinarika). Dinarik je, prema istom autoru, navučen južnim rubom Snježnika (i dalje prema jugoistoku) na Adrijatik.

Vrlo važna etapa u morfogenezi cjelokupnoga sjeverozapadnog dijela Vanjskih Dinarida, a time i područja Ćićarije, nastupila je promjenom smjera kretanja litosferskih elemenata prema sjeveru. O tome postoji cijeli niz radova (npr. ALJINOVIĆ & BLAŠKOVIĆ, 1981; ALJINOVIĆ, 1984; ANDERSON & JACKSON, 1987; MARINČIĆ & MATIČEC, 1990). Promjene u kretanju litosferskih elemenata se odražavaju u promjeni pravca glavnoga regionalnog paleonapreznja iz pružanja sjeveroistok–jugozapad u pružanje sjever–jug. Početak napreznja po pravcu sjever–jug, koje približno po istom pravcu djeluje i danas, je u literaturi pretpostavljeno u različitim geološkim razdobljima: nakon starijega miocena (npr. GRUNTHAL & STROMAYER, 1986; MARINČIĆ & MATIČEC, 1990), krajem miocena/početak pliocena (npr. MATIČEC, 1998) odnosno u mlađem pliocenu (npr. PRELOGOVIĆ et al., 1995).

Strukturnim sklopom Istre bavili su se MARINČIĆ & MATIČEC (1988, 1989, 1991) te MATIČEC (1989, 1998). MARINČIĆ & MATIČEC (1991) su pisali o osnovnim obilježjima tektonske aktivnosti u području Istre, pa tako i Ćićarije i Učke kao integralnih dijelova Jadranske karbonatne platforme tijekom mezozoika i dijelom paleogena. S obzirom na promjene orijentacije najvećega regionalnog paleonapreznja oni su razlikovali tri ciklusa regionalne deformacije: kredni, 'tercijarni' (paleogenski) te neotektonski ciklus. Pravac djelovanja najvećega regionalnog paleonapreznja mijenja se iz kredne orijentacije sjeverozapad–jugoistok u paleogensku sjeveroistok–jugozapad, a na kraju u neotektonsku, koja traje i danas, s pravcem djelovanja najvećega regionalnog napreznja približno sjever–jug i formiranjem rasjeda s desnim (sub)horizontalnim pomakom (*strike-slip* rasjeda).

U radovima koji se odnose na djelovanje neotektonskoga regionalnog napreznja u području sjeverozapadnoga dijela Dinarida on je definiran kao kompresija po pravcu sjever–jug (GRUNTHAL & STROMAYER, 1986; MATIČEC, 1994, 1998; PRELOGOVIĆ et al., 1995). Kut djelovanja neotektonskoga napreznja na dinaridski pravac pružanja struktura (sjeverozapad–jugoistok) iznosi gotovo 45°, što znači da je novonastalo napreznje bilo idealno za njihovu reaktivaciju, odnosno za njihovo transpresivno preoblikovanje.

U slučaju ovakve tektonske aktivnosti moguće je predvidjeti dvije vrste rotacija koje bi mogle dovesti do otklona zatečenoga pravca pružanja (MATIČEC, 1998):

1. retrogradna rotacija – do nje dolazi ako za to postoje preduvjeti u obliku naslijeđenih rasjednih struktura duž kojih je moglo doći do rotacije i struktura koje mogu omogućiti odvajanje rotirajućega bloka od njegove podine (ili zaleđa) s kojom čini neku cjelinu.

To je u stvari pokušaj da se postojeća struktura najkraćim putem dovede u idealni položaj spram novoga režima naprezanja (MARINČIĆ & MATIČEC, 1990).

2. progradna rotacija – nastaje u uvjetima *simple shear-a* kao posljedica izraženoga horizontalnog kretanja, a omogućavaju je i prate strukture zadane orijentacije.

Kao što je već ranije spomenuto, o fenomenu povijanja struktura dinaridskoga pružanja u području Kvarnerskoga zaljeva kao posljedici neujednačenoga kretanja tektonski dezintegriranih dijelova karbonatnog kompleksa u području sjevernoga Jadrana prvi je pisao WAAGEN (1906). U tome se radu po prvi puta u literaturi spominje tzv. „Kvarnerski rasjed“. Njegovom aktivnošću se i u mlađoj literaturi objašnjava prekid kontinuiteta pružanja struktura sjevernojadranskih otoka dalje prema sjeverozapadu, kao i razmjerno ravnocrtni izgled istočne obale istarskoga poluotoka (npr. ŠIKIĆ, 1951/53; ALJINOVIĆ & BLAŠKOVIĆ, 1981; DIMITRIJEVIĆ, 1982; MATIČEC, 1998; KORBAR, 2009; PLACER et al., 2010).

Istra kao cjelovito područje razmjerno jednostavne strukturne građe, izgrađeno od zapadnoistarske antiklinale koja tone prema sjeveroistoku te postupno prelazi u Pazinski flišni bazen, doima se kao da je duž Kvarnerskoga rasjeda pomaknuta udesno u smjeru sjeveroistoka (MATIČEC, 1998). Uz njezin sjeveroistočni rub, u krovini zone duž koje se Istra podvlači pod Dinaride, nalazi se ljuskava struktura Čićarije. Strukture Čićarije obilježene su jugozapadnim vergencijama, dok jugozapadnije u području Istre, strukture nose obilježja koja su rezultat suprotnoga smjera tektonskog transporta, odnosno vergencija im je sjeveroistočna (MARINČIĆ & MATIČEC, 1991). Stoga je strukturna građa Istre u skladu s regionalnim smjerom kretanja litosferskih elemenata u Dinaridima (MATIČEC, 1998). Prema istom autoru, Kvarnerski rasjed je pretpostavljen i prikazan kao rasjed desnoga horizontalnog pomaka uz vertikalno postavljenu rasjednu plohu pružanja sjever-sjeveroistok–jug-jugozapad, koja se nalazi u podmorju, paralelno s istočnom obalom istarskoga poluotoka. Problem je uočen kad se spomenuti rasjed pokušalo produžiti iz Kvarnera u Riječki zaljev, pa čak i u riječko zaleđe. Nije ga bilo moguće utvrditi na površini, što njegovo postojanje ostavlja pod stalnim znakom pitanja. Ipak, jasno je vidljivo da se model deformacije područja zapadno od Kvarnerskoga rasjeda razlikuje od onoga s njegove istočne strane.

MIHLJEVIĆ & PRELOGOVIĆ (1992) su opisali utjecaj aktivnih struktura na pojavu i prostorni raspored reljefnih oblika u području Učke i Čićarije, a pritom su posebno istaknuli glavnu ulogu najmlađe tektonske aktivnosti na oblikovanje reljefa.



MIHLJEVIĆ (1995) je u svojem doktorskom radu kod tumačenja strukturnoga podrijetla današnjih reljefnih oblika izložio svoje viđenje tektogeneze područja kroz izrazitu neotektonsku aktivnost.

LAWRENCE et al. (1995) su u svojem modelu evolucije Dinarida taj planinski lanac podijelili na strukturne zone međusobno odvojene razmjerno strmim reverznim rasjedima regionalnoga pružanja. Autori su razlikovali Zonu Jadranskoga bazena od Dalmatinske zone, a te su dvije zone u području Istre odvojili reverznim rasjedom koji se na površini nalazi uz jugozapadni rub Ćićarijskih struktura.

Brojni autori su istraživali posljedice neotektonske aktivnosti i seizmičku aktivnost u sjeverozapadnom dijelu Dinarida. Stoga je o potresima zabilježenim u području Istre, Kvarnera, Kvarnerskoga zaljeva i okolnih područja objavljeno više radova (npr. CARULLI et al., 1990; DEL BEN et al., 1991; PRELOGOVIĆ et al., 1995; MATIČEC, 1998; MARKUŠIĆ & HERAK, 1999; HERAK et al., 1996, 2017, 2018; FMS-Database, 2019).

PRELOGOVIĆ et al. (1995) su u svojem razmatranju seizmičke aktivnosti Kvarnerskoga područja prikazali seizmotektonski model u kojem razlikuju tri regionalne strukturne jedinice: Istru, Adrijatik i Dinarik. Jedinice su međusobno odvojene zonama reverznih rasjeda, a područje Ćićarije zajedno s Učkom po njima predstavlja dio Adrijatika. Po autorima je današnji strukturni sklop, kao i recentni tektonski pokreti koji su glavni uzročnici potresa, rezultat djelovanja dva po smjeru djelovanja regionalnog paleonaprežanja različita tektonska razdoblja. U starijem su oblikovane strukture generalnoga pružanja sjeverozapad–jugoistok (dinaridskoga pružanja), dok je drugo, ključno tektonsko razdoblje započelo u mlađem pliocenu i traje do danas. U njemu je došlo do značajne promjene djelovanja najvećega regionalnog paleonaprežanja približno u pravac sjever–jug, boranja naslaga s b-osima pružanja istok–zapad, te izraženih desnih pomaka krila već postojećih dinaridskih reverznih rasjeda, tj. njihove reaktivacije.

PLACER et al. (2004) su pisali o regionalnom navlačnom rasjedu koji se pruža otprilike po liniji Buzet–Koper i nazivaju ga *Buzet Thrust Fault*, kao i o prebačenim karbonatnim megaslojevima (*megabeds*) iz eocenskoga fliša u dolini rijeke Dragonje u Sloveniji.

WEBER et al. (2010) su koristeći GPS mjerenja brzina kretanja Jadranske mikroploče s područja rijeke Po i Istre te uspoređujući vektore i žarišta potresa uz rubne dijelove mikroploče naveli neke geodinamičke implikacije koje proizlaze iz tih istraživanja. Uz ostalo, navode da

se područje Istre pomiče u smjeru sjeveroistoka uz blagu rotaciju u smjeru suprotnom od kazaljke sata.

PLACER et al. (2010) su prikazali svoje viđenje tektonike sjeverozapadnih Dinarida s naglaskom na tektoniku Istarskoga poluotoka. Prema autorima je Jadransko–Dinarska mezozojska karbonatna platforma u sjeverozapadnom dijelu spojena u jednu karbonatnu platformu. Područje Istre je od Jadranskoga dijela karbonatne platforme odvojeno Kvarnerskim rasjedom nastalim još u Mezozoiku. Njega objašnjavaju kao rasjednu zonu nastalu najvjerojatnije još u srednjem trijasu, a kasnije ponovno reaktiviranu kao zonu Kvarnerskoga rasjeda. Područje Istre autori dijele na dva dijela: sjeverni i južni, od čega se južni dio Istre podvlači u smjeru sjeveroistoka pod Vanjske Dinaride. Genezu današnjih Vanjskih Dinarida tumače navlačnim procesima tijekom paleocena i eocena te podvlačenjem mikroploče Adrije od miocena nadalje.

## 4. METODOLOGIJA RADA

Temeljna terenska geološka istraživanja za potrebe izrade nove OGK RH 1:50.000 na Ćićariji započela su još krajem 2005. godine inicijalnom prospekcijom i upoznavanjem s terenom, a nastavljena su 2007. godine daljnjom prospekcijom i terenskim rekognosciranjem te geološkim kartiranjem. Istraživanja koje provode djelatnici Hrvatskoga geološkog instituta u sklopu izrade OGK RH 1:50.000 su još uvijek u tijeku, a izvode se metodologijom tipičnom za suvremeni rad na geološkoj karti (KORBAR et al., 2012a).

Metodologija koja je korištena u sklopu izrade nove geološke karte i ovoga doktorskog rada je obuhvaćala:

1. pripremnu fazu istraživanja;
2. terenska istraživanja;
3. laboratorijska istraživanja;
4. kabinetsku obradu podataka.

Pripremna faza istraživanja uvijek prethodi terenskim istraživanjima, a sastoji se od prikupljanja i detaljnog proučavanja postojeće literature i dokumentacije o istraživanome području, te obrade dostupnih relevantnih podataka iz ranijih istraživanja. Osim toga, detaljno su analizirani postojeći listovi i tumači Osnovne geološke karte SFRJ 1:100.000 listova Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972; ŠIKIĆ & PLENIČAR, 1975), Trst (PLENIČAR et al., 1969, 1973) i Labin (ŠIKIĆ et al., 1969; ŠIKIĆ & POLŠAK, 1973). Posebno detaljno je proučena postojeća karta OGK 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972) jer obuhvaća najveći dio terena istraživanog u okviru ovoga doktorskog rada. Pomoću detaljne analize karte uočene su najznačajnije strukture koje je trebalo provjeriti na terenu, definirati ih (ili redefinirati) te u kasnijoj strukturno-tektonskoj obradi odrediti njihovu kinematsku ulogu u tektogenezi istraživanoga područja.

U pripremnoj fazi istraživanja poželjno je napraviti i pripremnu obradu aerofotograma zbog mogućeg izdvajanja diskontinuiteta na području istraživanja i proučavanja morfoloških značajki terena, što može predstavljati značajnu pomoć prilikom kasnijih faza istraživanja. U ovom slučaju napravljena je samo djelomična fotogeološka obrada dostupnih aerofotograma, dok je detaljnija obrada i analiza izostala zbog nemogućnosti nabavke novih aerofotosnimaka kompletnoga područja istraživanja. Pored toga napravljena je i analiza satelitskih snimaka dostupnih preko Interneta, kao što su snimke na servisima GoogleEarth i ARKOD. Treba

napomenuti i da je detaljniji uvid u same geološke strukture uz pomoć aerofotosnimaka i satelitskih snimaka bio znatno otežan zbog velike pošumljenosti terena, pogotovo nekih područja sjeveroistočnoga dijela Ćićarije izgrađenih pretežito od krednih naslaga.

Nakon pripremne faze slijedila su terenska istraživanja koja su se sastojala od nekoliko faza:

- I. rekognosciranja terena s odabirom lokaliteta pogodnih za snimanje detaljnih litostratigrafskih stupova i uzorkovanjem;
- II. izdvajanja jedinica koje će se kartirati;
- III. geološkog kartiranja;
- IV. strukturno-geološke obrade odabranih lokaliteta.

Terenski rad na Ćićariji i rubnim područjima započeo je krajem 2005. godine prvom prospekcijom i upoznavanjem terena te uz kraće prekide i neujednačeni intenzitet samih istraživanja traje i danas.

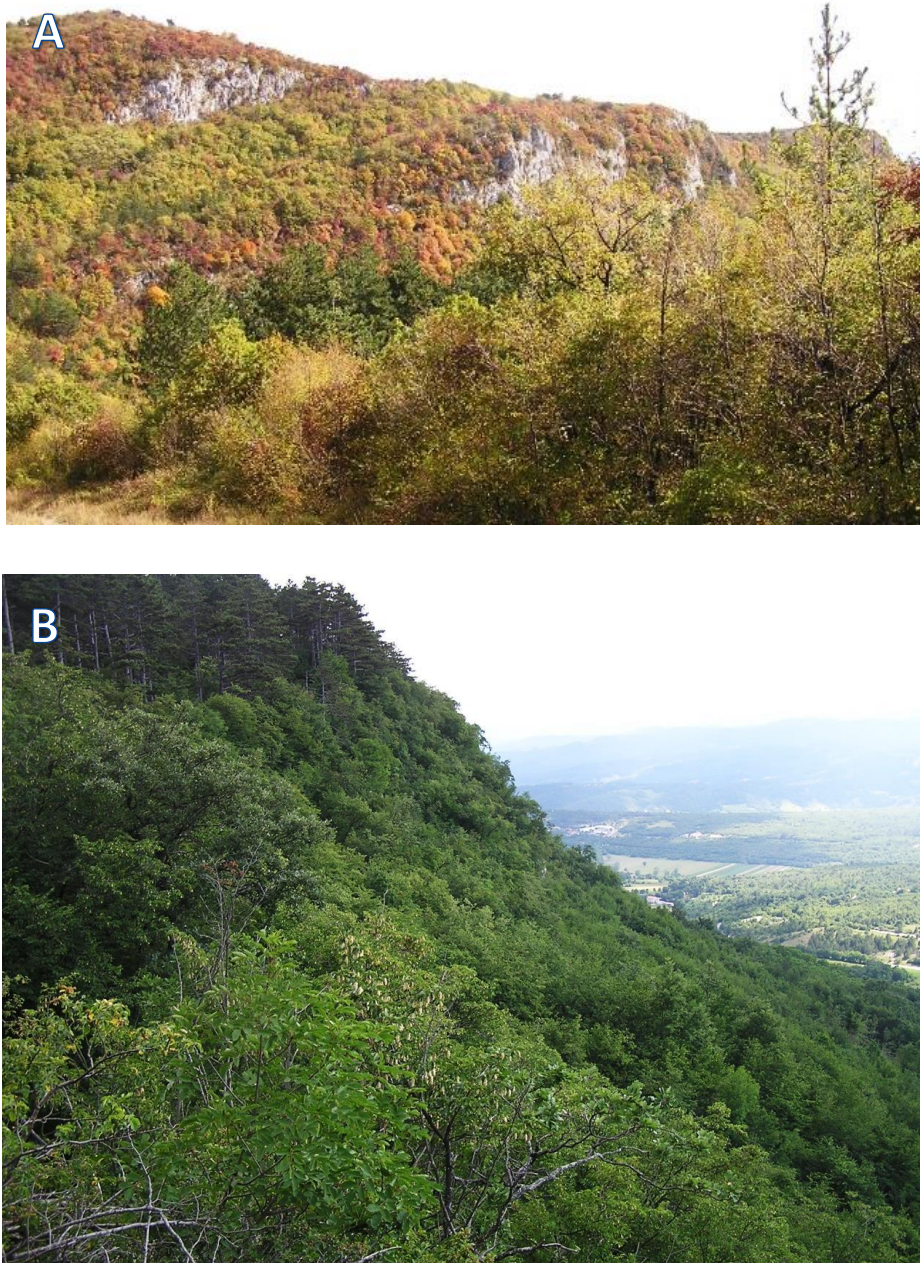
Kod terenskih istraživanja osobita pozornost je posvećena rekognosciranju terena. Naime, već na samom početku istraživanja uočena je izrazita kompleksnost terena, kako stratigrafski tako i tektonski, o čemu svjedoči i objavljena literatura o području Ćićarije. Zbog takvih, izuzetno zamršenih tektonskih odnosa ovoga područja ukazala se potreba za izdvajanjem što više litostratigrafskih jedinica koje je moguće kartirati. To je osobito važno jer se u takvim kompleksnim terenima geološki odnosi najpotpunije mogu riješiti upravo detaljnom stratigrafskom raščlambom, odnosno izradom što kvalitetnije i preciznije geološke karte.

Zbog velike tektoniziranosti, osobito značajnoga utjecaja kompresijske tektonike te reduciranosti naslaga, nije bilo moguće snimanje cjelovitih detaljnih geoloških stupova s potpuno razvijenim slijedom naslaga izdvojenih litostratigrafskih jedinica već su stupovi pojedinih litostratigrafskih jedinica snimani parcijalno. Najkompletniji slijedovi naslaga snimljeni na Ćićariji pripadaju donjokrednim naslagama litostratigrafske jedinice Kanfanar („Istarski žuti“) donjoaptske starosti u okolici sela Male Mune. Riječ je o nekoliko parcijalnih slijedova naslaga kojima je zahvaćena gornjoaptska emerzija, a snimili su ih J. TIŠLJAR i I. VELIĆ 1992. godine. Osim toga snimljena su i tri geološka stupa naslaga litostratigrafske jedinice Sv. Duh, starosti gornji cenoman–donji turon, koji su prikazani u doktorskom radu V. BRČIĆA (2015). I kod snimanja donjokrednih (litostratigrafske jedinice Kanfanar) i gornjokrednih naslaga (litostratigrafske jedinice Sv. Duh) radilo se o razmjerno pokrivenom terenu bez potpuno vidljivog kontinuiranog slijeda naslaga, pa je stoga donekle upitan i sam kontinuitet i prikazana debljina tih jedinica.

Geološki stup istraživanih naslaga Ćićarije vrlo je velike debljine, obuhvaća karbonatne naslage debljine preko 2.500 m, čemu treba dodati i eocenske klastite (PRILOG 1). Po literaturnim podacima iz ranijih istraživanja ukupna debljina naslaga na istraživanom području je i veća (BLAŠKOVIĆ, 1969; ŠIKIĆ et al., 1972; ŠIKIĆ & PLENIČAR, 1975), a obuhvaća naslage kronostratigrafskoga raspona od donje krede (otriva) do paleogena (srednjega eocena), čemu treba pridodati i tanji paket naslaga kvartarne (ili bolje reći posteocenske) starosti.

Budući da zbog tektonske poremećenosti i mjestimice guste vegetacije nije bilo moguće snimati detaljne geološke stupove, rekognosciranju terena je posvećena znatno veća pozornost od uobičajene. Tako su upravo tijekom toga dijela istražnih radova izdvojene jedinice koje će se kartirati, a obavljeno je i njihovo uzorkovanje (koje se kasnije nadopunjavalo uzorkovanjem tijekom samoga geološkog kartiranja). Uzorkovani su uglavnom svi karakteristični litotipovi za potrebe detaljnijega mikropaleontološkog i sedimentološkog opisivanja izdvojenih jedinica, što se pokazalo vrlo važnim za rješavanje nedovoljno jasnih geoloških odnosa u pojedinim dijelovima terena. Iz prikupljenih uzoraka odabrano je i obrađeno više od stotinu reprezentativnih uzoraka koji pripadaju svim izdvojenim i kartiranim litostratigrafskim jedinicama.

Tijekom geološkoga kartiranja i izrade radne verzije geološke karte utvrđeni su geološki odnosi pomoću kojih je omogućeno izdvajanje lokalnih strukturno-tektonskih jedinica. Treba istaknuti da su posebno otežavajuću okolnost prigodom geoloških istraživanja na Ćićariji predstavljali vrlo kompleksni tektonski i strukturni odnosi te nerijetko slabo izražene litofacijsne razlike između pojedinih kartiranih jedinica (pogotovo donjokrednih i gornjokrednih). Kontakti između jedinica su vrlo često zamaskirani i/ili prekriveni tлом i gustim raslinjem, a uz to je i teren teško prohodan, što je dodatno otežavalo kartiranje i druga terenska geološka istraživanja, a time i interpretaciju međusobnih strukturnih odnosa i granica između litostratigrafskih jedinica (sl. 4.1A i B). Ukupno je iskartirano više od 220 km<sup>2</sup> površine terena središnjega dijela Ćićarije te rubnoga područja Pazinskog flišnog bazena. Treba napomenuti da su strukturna terenska istraživanja obuhvatila i šire područje (o čemu će više riječi biti u poglavlju Rezultati) i to uglavnom područje koje pripada Pazinskom flišnom bazenu, ali ti dijelovi terena nisu detaljno kartirani i prikazani u ovom radu na novoj geološkoj karti M 1:50.000.



**Slika 4.1.** Panoramske fotografije dijelova Čičarije na kojima je vidljiva velika pošumljenost i pokrivenost te teška prohodnost dijelova terena. A) okolica lokaliteta Obešenik; B) pogled prema jugoistoku iz okolice lokaliteta Krkuš.

Detaljna strukturno-geološka istraživanja su provedena na odabranim lokalitetima izabranima tijekom pripremnih radova proučavanjem postojeće literature i raspoloživih karata područja Čičarije (prvenstveno OGK 1:100.000), ili su bili otkriveni tijekom neke od faza terenskih istraživanja (prospekcije, rekognosciranja terena i/ili geološkog kartiranja). Na tako odabranim lokalitetima provedena su detaljna mjerenja svih dostupnih strukturnih elemenata: položaja slojeva, rasjeda i rasjednih elemenata (strija, kutova a-lineacije), pukotina i pukotinskih sustava (setova pukotina) te elemenata bora. Na pojedinim izdancima i profilima

na rasjednim i pukotinskim (smičnim) plohama na kojima su ostali sačuvani tragovi kretanja pojedinih blokova (odnosno bilo je moguće izmjeriti kut a-lineacije strija te odrediti smjer kretanja stijenskih blokova) obavljena su i detaljna mjerenja s ciljem izračuna i definiranja orijentacija glavnih osi lokalnih paleonaprezanja ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  i  $\sigma_3$ ), što omogućuje usporedbu razvoja polja paleonaprezanja u širem regionalnom okviru.

Laboratorijski radovi su obavljeni u laboratoriju Hrvatskoga geološkog instituta gdje su izrađeni i pripremljeni izbrusci i nabrusci za daljnja mikroskopska istraživanja (izrađeno je stotinjak mikroskopskih preparata), a napravljene su i kemijske analize odabranih uzoraka.

U kabinetskom dijelu istraživanja napravljene su analize mikroskopskih izbrusaka, kako mikrofacijesno (sedimentološki), tako i mikropaleontološki, kako bi se dobilo što više podataka. Detaljne mikrofacijesne i mikropaleontološke analize su bile vrlo važne za dobivanje ključnih litoloških podataka potrebnih za potpunije razumijevanje geoloških odnosa u istraživanom terenu. U skupinu kabinetskih radova pripadali su i izrada geoloških profila te obrada, analiza i sinteza podataka prikupljenih geološkim kartiranjem, a isto tako i podataka prikupljenih strukturno-tektonskim istraživanjima te njihova interpretacija pomoću specijaliziranih programskih paketa Stereonet (ALLMENDINGER et al., 2012; CARDOZO & ALLMENDINGER, 2013), FaultKinWin (MARRETT & ALLMENDINGER, 1990; ALLMENDINGER et al., 2012), Win-Tensor (DELVAUX & SPERNER, 2003, DELVAUX, 2012) i TectonicsFP (ORTNER et al., 2002).

Svakako treba napomenuti da rješavanje geološki vrlo kompleksnog područja poput istraživanoga dijela Ćićarije zahtjeva multidisciplinarni pristup istraživanju, tako da je u radu sudjelovala ekipa sastavljena od više specijalista iz Hrvatskoga geološkog instituta.

Kao što je već navedeno, primarni cilj ovoga doktorskog rada je geološkom kartom i izradom geoloških profila poprečnih na pružanje struktura prikazati recentni strukturni sklop te dati doprinos znanju o paleogeografiji i tektogenezi istraživanoga područja. Upravo su izrada što preciznije geološke karte s pripadajućim stupom naslaga, objašnjenje međusobnih odnosa litostratigrafskih jedinica te detaljna strukturno-geološka obrada odabranih lokaliteta ključni i nezamjenjivi elementi za rekonstrukciju i rješavanje tektogeneze nekog područja.

## 5. REZULTATI

### 5.1. OPIS LITOSTRATIGRAFSKIH JEDINICA

U ovom poglavlju opisane su kartirane neformalne litostratigrafske jedinice utvrđene u području istraživanja. Litološke osobine pojedinih litostratigrafskih jedinica neposredno utječu na način njihove deformacije, a osobito je važno što se samo na temelju dobrog poznavanja litostratigrafskih jedinica, njihovog međusobnog vertikalnog i lateralnog te prostornog odnosa, što su elementi vidljivi na kvalitetno izrađenoj geološkoj karti, može analizirati recentni strukturni sklop istraživanoga područja.

Poznavanje litostratigrafskih jedinica koje izgrađuju istraživano područje nije samo osnova za geološko kartiranje u cilju izrade geološke karte, već je i jedan od glavnih segmenata multidisciplinarnog pristupa u rješavanju tektogeneze. Drugim riječima, nezaobilazan je dio strukturnih istraživanja, posebice kod otkrivanja rasjeda. Najbolji primjer je interpretacija postanka morfoloških struktura od strane nekih geografa, koji koriste strukturne interpretacije bez dovoljnog poznavanja kvantitativne metodologije strukturne analize, biostratigrafije, odnosno litostratigrafije, pri tome ne razumijevajući dovoljno preuzete, ali ne i citirane, geološke profile (npr. MIHLJEVIĆ, 1995). Znači, koliko god su kinematička i dinamička analiza strukturnoga sklopa egzaktna i kompleksna, poznavanje litostratigrafskih jedinica je od presudne važnosti i nezaobilazno.

Istraživano područje Ćićarije i dijela Pazinskoga flišnog bazena izgrađuju donjo- i gornjokredne te paleogenske naslage uz neznatan udio najmlađih naslaga najvjerojatnije kvartarne starosti. Cijela kreda i stariji paleogen su zastupljeni karbonatnim stijinama, dok u mlađem dijelu paleogena ima i klastita.

Kao SZ dio Jadranske karbonatne platforme, koja je egzistirala kroz dulje razdoblje mezozoika (VLAHOVIĆ et al., 2005), područje Ćićarije je znatnim dijelom izgrađeno od plitkovodnih karbonatnih naslaga, stratigrafskoga raspona od otriva do konijaka. Nakon emerzije koja je u različitim dijelovima nekadašnje platforme započela u različitim razdobljima mlađe krede, transgresijom u eocenu taloženi su foraminiferski vapnenci, a produbljavanjem okoliša i klastične paleogenske naslage, od lapora prijelaznih naslaga do fliša.

Bolji uvid u litološke značajke stijena pridonosi i boljem poznavanju mehaničkih svojstava stijenskoga materijala o čijoj se kinematici govori u ovom radu. Već je ranije uočeno da se različiti tipovi vapnenaca pri izloženosti deformaciji različito ponašaju u uvjetima istoga



režima (paleo)naprezanja (PALENIK, 2005) – njihova duktilnost, odnosno krtost, direktno ovisi o strukturnom tipu stijene i karakteristikama slojevitosti. Ta svojstva su promjenjiva unutar karbonatnoga kompleksa i lateralno i vertikalno, što ima za posljedicu različit iskaz deformacije. Stoga, pregled obilježja litostratigrafskih jedinica, osim što je od presudne važnosti za uvid u geološku građu i paleogeografsku evoluciju istraživanoga područja, ujedno je i pouzdan pokazatelj područja s mogućim relevantnim podacima za strukturna istraživanja (MATIČEC, 1998). Razlika u kompetenciji materijala ima značajnu ulogu u izgledu i rasporedu površinskih struktura u mnogim dijelovima istraživanoga područja, a to ujedno neposredno utječe i na izgled današnjega reljefa.

Treba posebno naglasiti da je na područjima gdje se izrađuje geološka karta radi dobivanja preciznije slike o površinskim (lateralnim), a samim time i dubinskim odnosima kartiranih jedinica potrebno postići što veću razlučivost, što znači da treba izdvojiti što više litostratigrafskih jedinica (dijelom prema VLAHOVIĆ, 1999). Na taj način može se provesti vrlo detaljna analiza međusobnoga odnosa među kartiranim jedinicama, a samim time i pouzdano opisati geološka građu nekoga područja, odnosno sami strukturni sklop. Međutim, izdvajanju jedinica se svakako treba pristupiti racionalno, jer izdvajanje prevelikoga broja litostratigrafskih jedinica može biti i neučinkovito, ako one nisu terenski dovoljno prepoznatljive i time kartirabilne. Naime, „najvažniji kriterij za izdvajanje litostratigrafskih jedinica predstavlja njihova prepoznatljivost pri geološkom kartiranju“ (SALVADOR, 1994; VLAHOVIĆ, 1999; KORBAR et al., 2012a). S obzirom da je već više puta naglašeno da je istraživano područje Ćićarije prilično pošumljeno, stijene su često pokrivene humusnom trošinom i drugim vrstama tla, a uz to je cijelo područje i izrazito tektonski poremećeno s vrlo izraženom i kompleksnom tektonikom (osobito onom kompresijskoga tipa), trebalo je i to uzeti kao važan kriterij pri odluci o tome kolika je moguća razlučivost pojedinih jedinica, odnosno koliko će se različitih litostratigrafskih jedinica moći izdvojiti i geološki kartirati.

Tako je, uvažavajući sve navedeno, prigodom geološkog kartiranja i izrade Osnovne geološke karte Republike Hrvatske M 1:50.000 središnjega dijela Ćićarije i dijela područja Pazinskoga flišnog bazena (PRILOG 1), izdvojeno ukupno osam neformalnih litostratigrafskih jedinica kredne starosti stratigrafskog raspona od otriva (starija kreda) do konijaka (mlađa kreda), tri neformalne litostratigrafske jedinice paleogenske starosti raspona donji–gornji eocen, a kartirane su i izdvajane i dvije mlađe jedinice pretežito kvartarne starosti. Tako široki stratigrafski raspon podrazumijeva i pojavu vrlo različitih stijenskih litotipova. Sve izdvojene

neformalne litostratigrafske jedinice u istraživanom području nazvane su prema tipskim lokalitetima na drugim dijelovima nekadašnje Jadranske karbonatne platforme (PRILOG 1).

Izdvojene kartirane neformalne litostratigrafske jedinice istraživanoga područja su:

a) unutar krednih naslaga:

- neformalna litostratigrafska jedinica Dragozetići (otriv);
- neformalna litostratigrafska jedinica Cres (barem);
- neformalna litostratigrafska jedinica Kanfanar (apt);
- neformalna litostratigrafska jedinica Crna (alb);
- neformalna litostratigrafska jedinica Sis (gornji alb–donji cenoman);
- neformalna litostratigrafska jedinica Milna (srednji–gornji cenoman);
- neformalna litostratigrafska jedinica Sv. Duh (gornji cenoman–donji turon);
- neformalna litostratigrafska jedinica Gornji Humac (gornji turon–konijak).

b) unutar paleogenskih naslaga:

- neformalna litostratigrafska jedinica foraminiferski vapnenci (donji–srednji eocen);
- neformalna litostratigrafska jedinica prijelazne naslage (srednji eocen);
- neformalna litostratigrafska jedinica flišne naslage (srednji–gornji eocen).

c) unutar kvartarnih naslaga:

- zemlja crvenica – *terra rossa*;
- sipari i slabo vezane siparišne breče.

### 5.1.1. Kredne naslage

Unutar krednih naslaga, koje zauzimaju najveći dio površine istraživanoga područja (gotovo cjelokupan središnji i sjeveroistočni dio), izdvojeno je i kartirano ukupno osam neformalnih litostratigrafskih jedinica, stratigrafskoga raspona od otriva do konijaka (PRILOG 1, geološki stup). Te su naslage taložene uglavnom u plitkim marinskim okolišima (izuzev litostratigrafske jedinice Sv. Duh koja je taložena u dubljemorskom okolišu), u uvjetima plitkomorske karbonatne platforme (VLAHOVIĆ et al., 2005). U geološkom stupu kartiranih krednih naslaga Ćićarije (PRILOG 1) utvrđeno je više emerzija, od kojih su neke i regionalnoga značenja, uglavnom kao posljedica sinsedimentacijske tektonike. Utjecajem sinsedimentacijske tektonike na kredne naslage istarskoga poluotoka tijekom apta i alba, mlađega alba do srednjega cenomana (TIŠLJAR et al., 1998), te cenomana (VLAHOVIĆ et al., 1994) objašnjavaju se

prekidi taloženja i izranjanje taloga, dugotrajnije kopnene faze i vrlo različita starost podloge paleogenskih naslaga (MATIČEC et al., 1996).

#### 5.1.1.1. Donja kreda

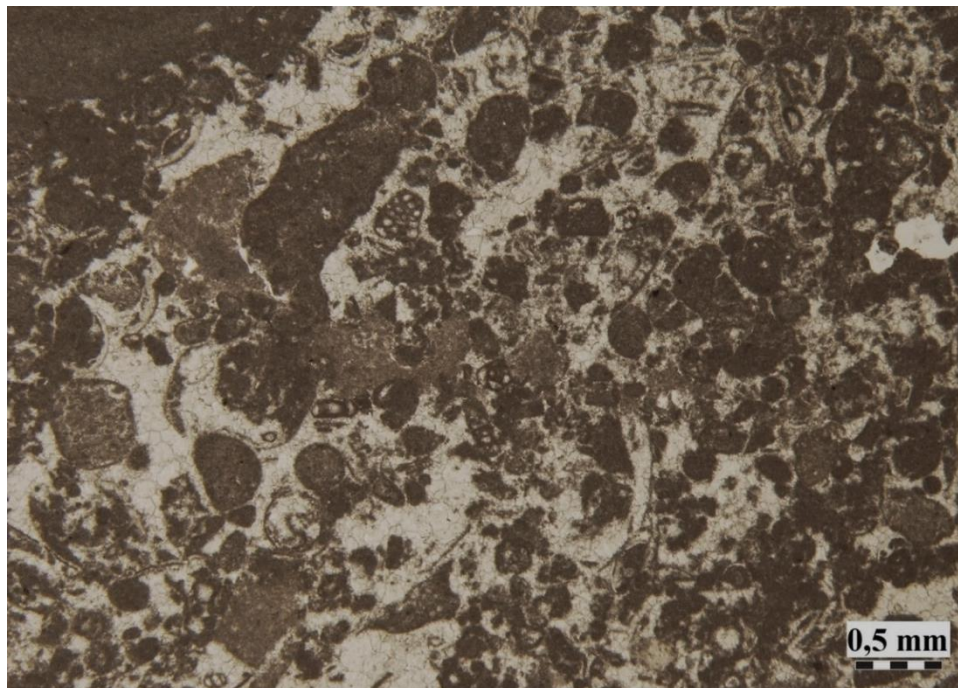
Naslage donje krede izgrađuju veliko područje Ćićarije, osobito sjeverni i sjeveroistočni dio istraživanoga terena (PRILOG 1). Određene litostratigrafske jedinice su tektonski reducirane, ali prisutne su naslage cijele donje krede.

##### 5.1.1.1.1. Litostratigrafska jedinica Dragozetići (DR) – otriv

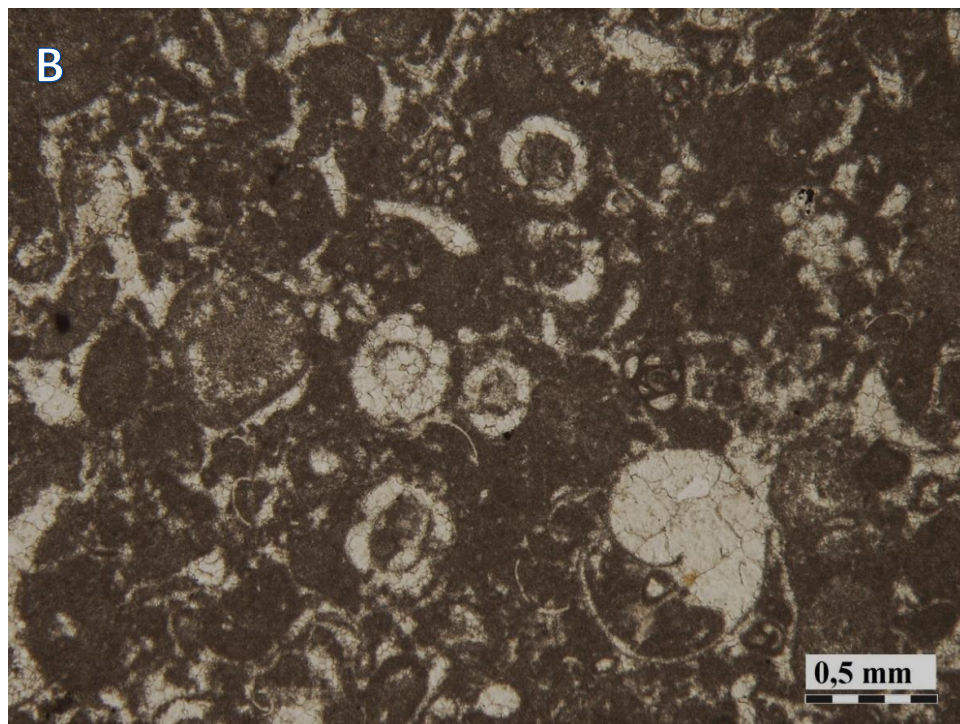
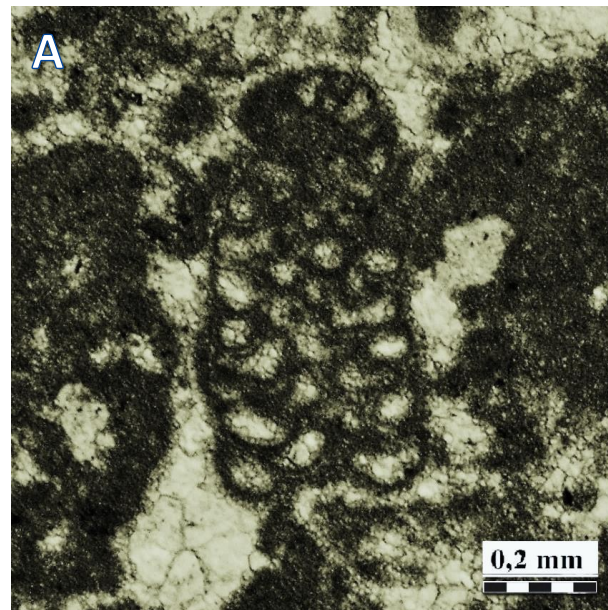
Od približno istodobnih litostratigrafskih jedinica opisanih na susjednim područjima Vanjskih Dinarida ova bi jedinica po svojim litološkim karakteristikama najviše odgovarala debeloslojevitim vapnencima jedinice Dragozetići otoka Cresa. Ta je jedinica izvorno opisana kao jedinica Dragozetići-1 (FUČEK et al., 1995), a kasnije je preimenovana u jedinicu Dragozetići (FUČEK et al., 2012).

Naslage otrivske starosti su najstarije naslage koje se nalaze na površini terena istraživanoga područja Ćićarije, a predstavljene su vrlo debeloslojevitim do masivnim, najčešće gromadastim vapnencima koji mjestimice sadrže proslojke i lećaste uloške dolomita. Vapnenci po strukturnom tipu uglavnom pripadaju madstonima, dok su zrnasti varijeteti rjeđi, a nalaze se uglavnom kao tanki proslojci ili džepovi favreinskih pekstona–grejnstona. Naslage formacije Dragozetići se morfološki jako ističu svojim habitusom, odnosno gromadastim pojavljivanjem, velikim izdancima često isprijecanim dubokim penetrativnim pukotinama, izrazitom okršenošću i uglavnom izgrađuju vrlo teško prohodne dijelove terena. Vapnenci su svijetlosive do tamnosive i smeđe boje te nepravilnoga loma. Često su izrazitije tektonizirani i razlomljeni (pogotovo u blizini ili u čeonom dijelu navlaka) pa imaju brečolik habitus, odnosno tvore vapnenačke breče s mikritnim klastima. Osim toga zbog svoje raspucanosti i tektoniziranosti vapnenci su često rekristalizirani i kataklazirani. Slijed otrivskih vapnenaca je u donjem i gornjem dijelu fosilima dosta siromašan – prevladavaju madstoni i vekstoni, dok u središnjem dijelu prevladavaju skeletni vekstoni–pekstoni (sl. 5.1) s bentičkim foraminiferama, algama, gastropodima te peletima favreinskoga tipa. Od značajnijih rodova i vrsta određene su bentička foraminifera *Campanellula capuensis* DE CASTRO (sl. 5.2A) te alga *Salpingoporella annulata*

CAROZZI (sl. 5.2B). U literaturi se još spominju i hensonele, taumatoporele, kuneoline i drugi mikrofosili, a od makrofosila su prisutni rijetki, neodređivi presjeci školjkaša.



**Slika 5.1.** Mikrofacijes skeletnog vekstona–pekstona iz fosilima bogatijeg središnjega dijela naslaga formacije Dragozetići otrivske starosti; uzorak OTRIV-3 (lokacija: 45°27'52.1"N, 14°5'52.1"E).



**Slika 5.2.** Značajni fosili određeni u naslagama litostratigrafske jedinice Dragozetići otrivske starosti. A) bentička foraminifera *Campanellula capuensis* DE CASTRO; B) mikrofacijes skeletnoga vekstona s presjecima vapnenačkih alga *Salpingoporella annulata* CAROZZI (poprečni presjeci); dolje desno presjek mikrogastropoda. Uzorak OTRIV-3 (45°27'52.1"N, 14°5'52.1"E).

U naslagama otriva zabilježeno je i nekoliko emerzijskih pojava koje ukazuju na vrlo plitku taložnu sredinu, često zahvaćenu izronjavanjem i subaerskim izlaganjem sedimenata. Unutar takvih facijesa oplicavanja i izronjavanja (emerzijskih horizonata) nalaze se i peritajdalne breče s „black pebble“ fragmentima.

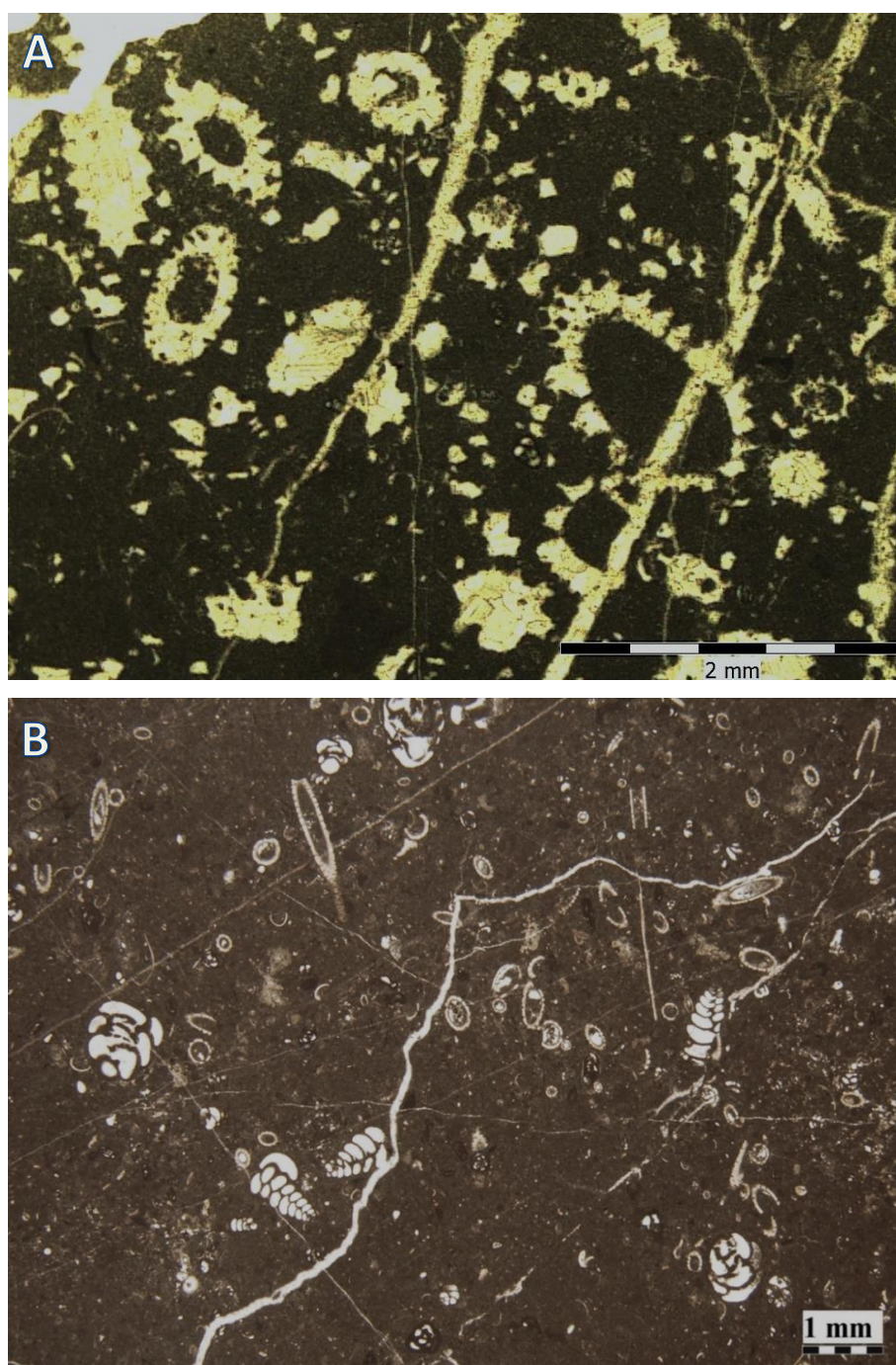
Prema podacima iz literature (BLAŠKOVIĆ, 1969; ŠIKIĆ & PLENIČAR, 1975) debljina ovih naslaga iznosi oko 600 m, što su istraživanja u sklopu izrade nove OGK RH M 1:50.000 te izrada geoloških profila (PRILOZI 1 i 2) i potvrdila ali i pokazala da je ukupna debljina naslaga litostratigrafske jedinice Dragozetići otrivske starosti na Ćićariji moguće i veća od 600 m.

#### 5.1.1.1.2. Litostratigrafska jedinica Cres (CR) – barem

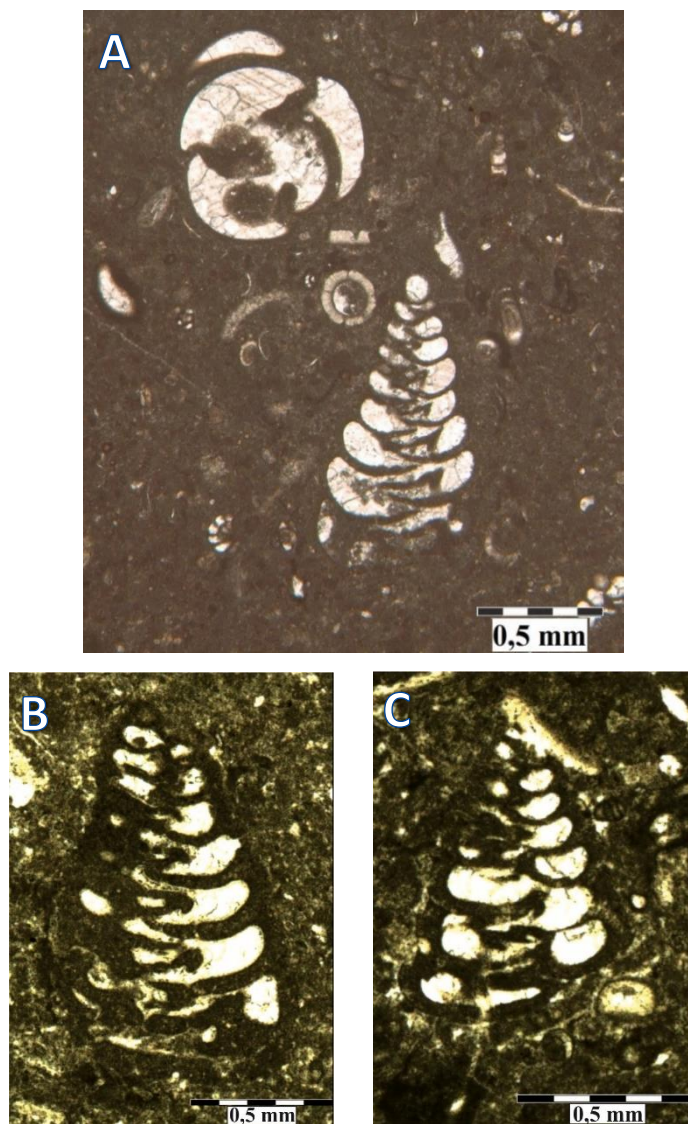
Neformalna litostratigrafska jedinica Cres po svojim svojstvima najviše odgovara istodobnoj jedinici opisanoj na istoimenom otoku, koja je izvorno opisana kao jedinica Dragozetići-2 (FUČEK et al., 1995), a kasnije je preimenovana u jedinicu Cres (FUČEK et al., 2012).

Naslage baremske starosti na Ćićariji predstavljene su pločastim te tanko do srednje debelo slojevitim vapnencima (debljine slojeva do 1 m). To su pretežito nepravilne izmjene madstona, peloidnih pekstona i proslojaka skeletnih vekstona sa sitnim i jednostavnim miliolidama. Za naslage ove jedinice su karakteristični horizonti algalno-skeletnih vekstona s brojnim algama salpingoporelskoga tipa (sl. 5.3A i B). Nešto rjeđe se nalaze i peloidno-oidni pekstoni–grejnstoni s tzv. einfach ooidima (jednostavnim ooidima sa samo jednom ovojnicom). U izmjeni s navedenim litotipovima nalaze se i stromatolitni laminiti s laminama vjerojatno cijanobakterijskoga podrijetla, a rjeđe ima i dolomita. U slijedu naslaga razmjerno često su prisutne i površine izronjavanja, tj. emerzije. Od fosilnog sadržaja osim sitnijih miliolida jednostavne građe prisutne su i druge bentičke foraminifere, među kojima je kao najvažnija određena vrsta *Praechrysalidina infracretacea* LUPERTO-SINNI (sl. 5.4A, B i C). Svakako treba izdvojiti i presjeke vapnenačkih alga iz grupe *Salpingoporella melitae* RADOIČIĆ (sl. 5.5) i *S. müehlbergii* (LORENZ) (sl. 5.6A i B), zatim *S. dinarica* RADOIČIĆ te nalaze vrste *S. circassa* FARINACCI & RADOIČIĆ (sl. 5.7A i B), koja je do sada nađena i određena najčešće u neokomu, no njezin nalaz i unutar baremskih naslaga nije neobičan. Mjestimice su u fosilno bogatijim uzorcima pronađeni i koproliti *Coptocampylodon lineolatus* ELLIOTT (sl. 5.8).

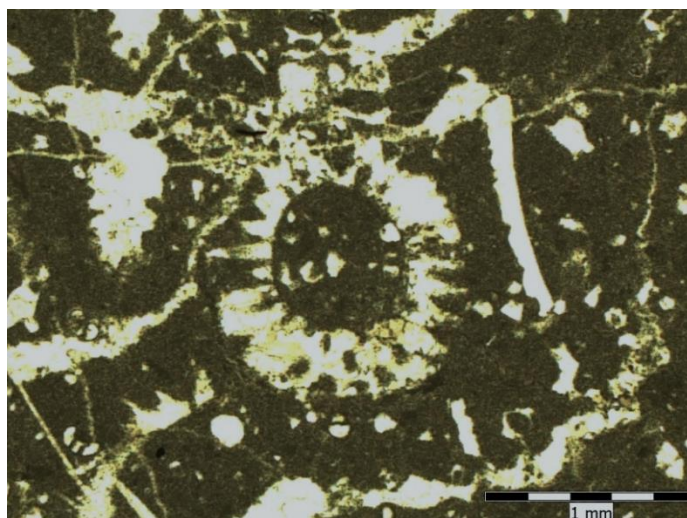
Ukupna debljina naslaga baremske starosti iznosi približno 150–200 m (što je izračunato iz geološke karte i profila tijekom izrade nove OGK RH M 1:50.000 – PRILOZI 1 i 2).



**Slika 5.3.** Mikrofacijes naslaga jedinice Cres. A) algalno-skeletni vekston s brojnim presjecima alga salpingoporelskoga tipa; uzorak B-65 (45°26'55.8"N, 14°9'30.9"E); B) skeletni vekston s brojnim prekrizalidinama, miliolidama i salpingoporelama; uzorak ĆT-294 (45°26'18.1"N, 14°10'20.8"E).

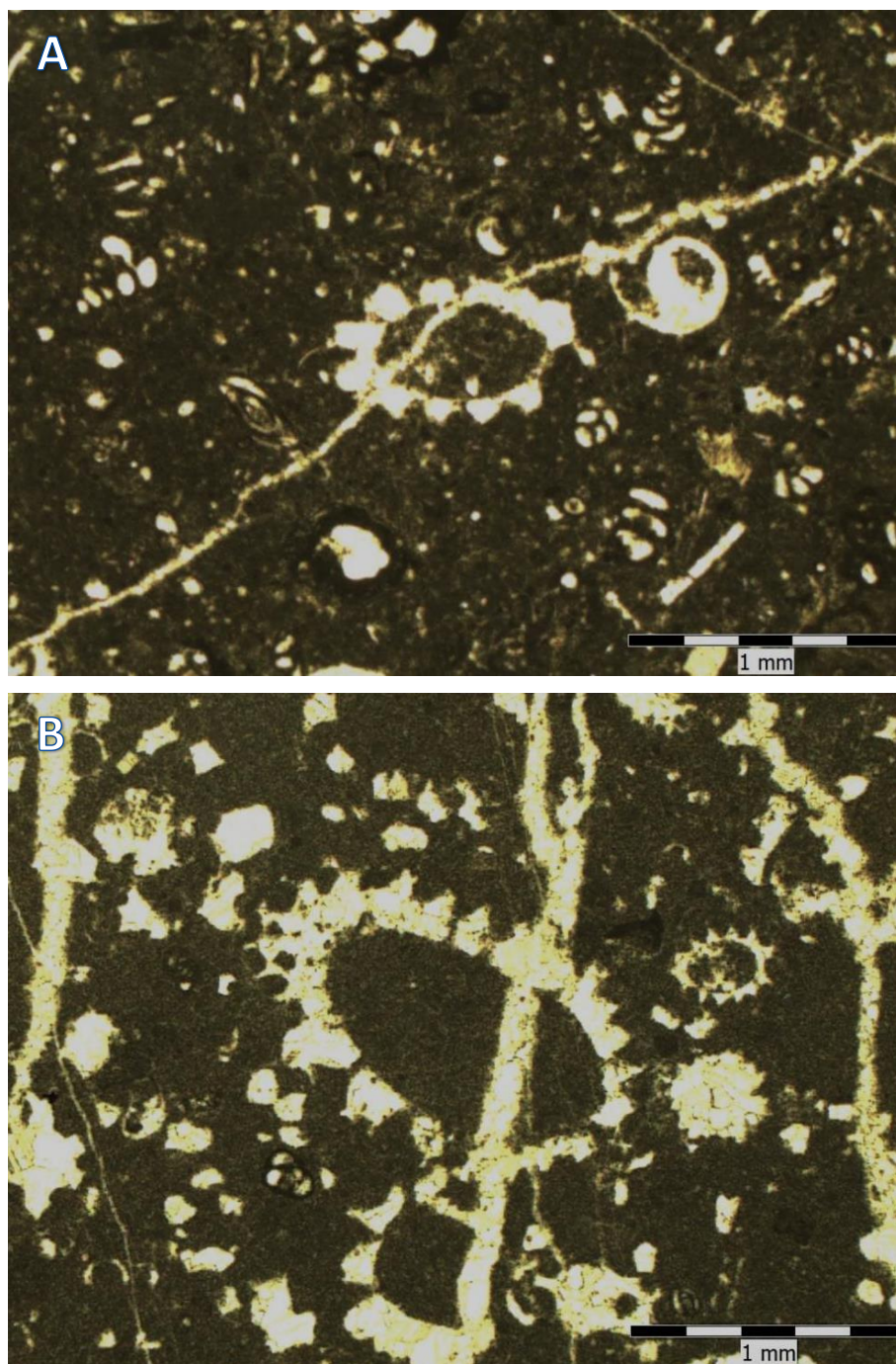


**Slika 5.4.** *Praechrysalidina infracretacea* LUPERTO-SINNI. A) uzorak ČT-294 (45°26'18.1"N, 14°10'20.8"E). B, C) uzorak J-665 (45°26'7.8"N, 14°10'36.6"E).

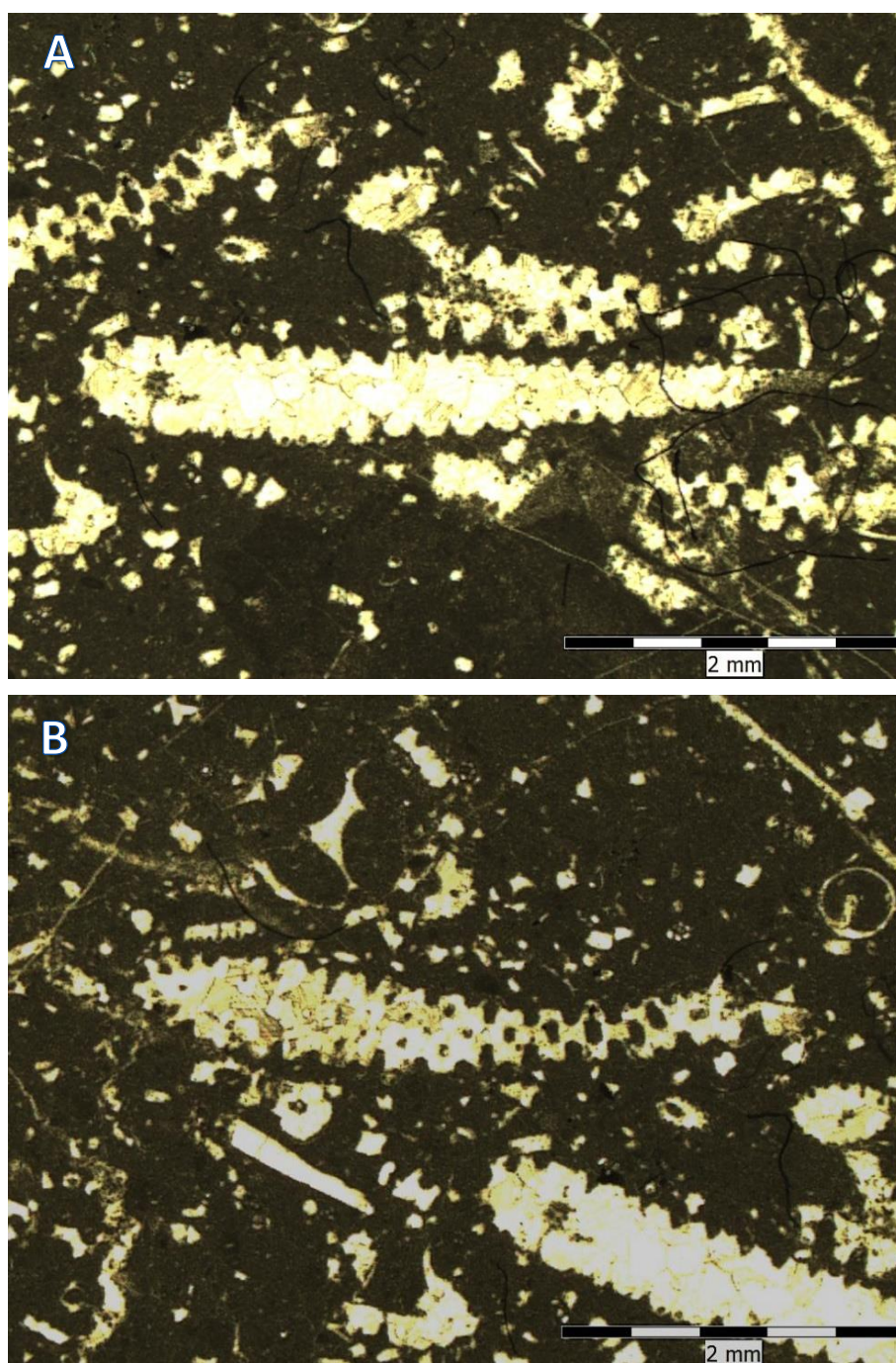


**Slika 5.5.** Vapnenačka alga *Salpingoporella melitae* RADOIČIĆ (kosi presjek); uzorak B-65 (45°26'55.8"N, 14°9'30.9"E).

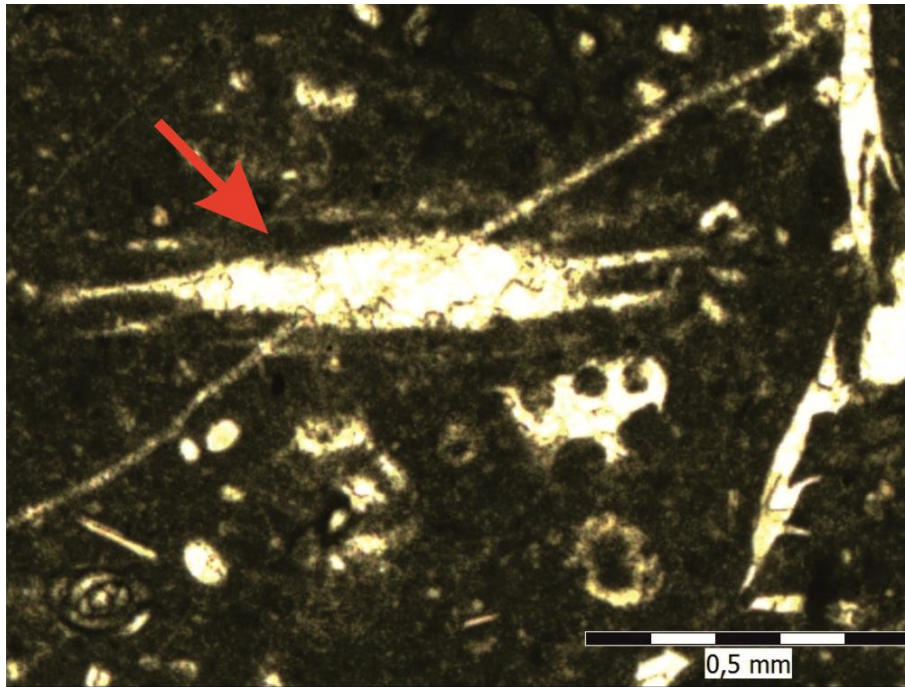




**Slika 5.6.** Vapnenačka alga *Salpingoporella muehlbergii* (LORENZ) (kosi presjeci) u mikrofacijesu algalno-skeletnog vekstona. A) uzorak J-665 (45°26'7.8"N, 14°10'36.6"E); B) uzorak B-65 (45°26'55.8"N, 14°9'30.9"E).



**Slika 5.7.** Uzdužno–tangencijalni presjeci vapnenačkih alga vrste *Salpingoporella circassa* FARINACCI & RADOIČIĆ u mikrofacijesu algalno-skeletnog vekstona; uzorak B-65 (45°26'55.8"N, 14°9'30.9"E).

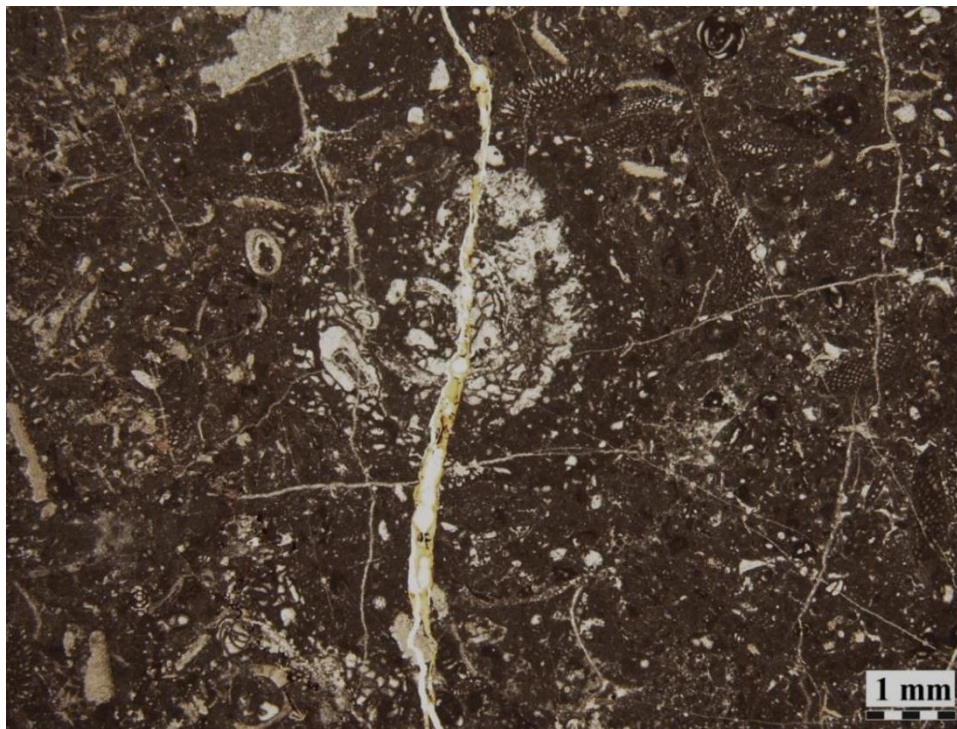


**Slika 5.8.** Kopolit iz naslaga baremske starosti: *Coptocampylodon lineolatus* ELLIOTT (na slici označen strelicom) u mikrofacijsu skeletnog vekstona; uzorak J-665 (45°26'7.8"N, 14°10'36.6"E).

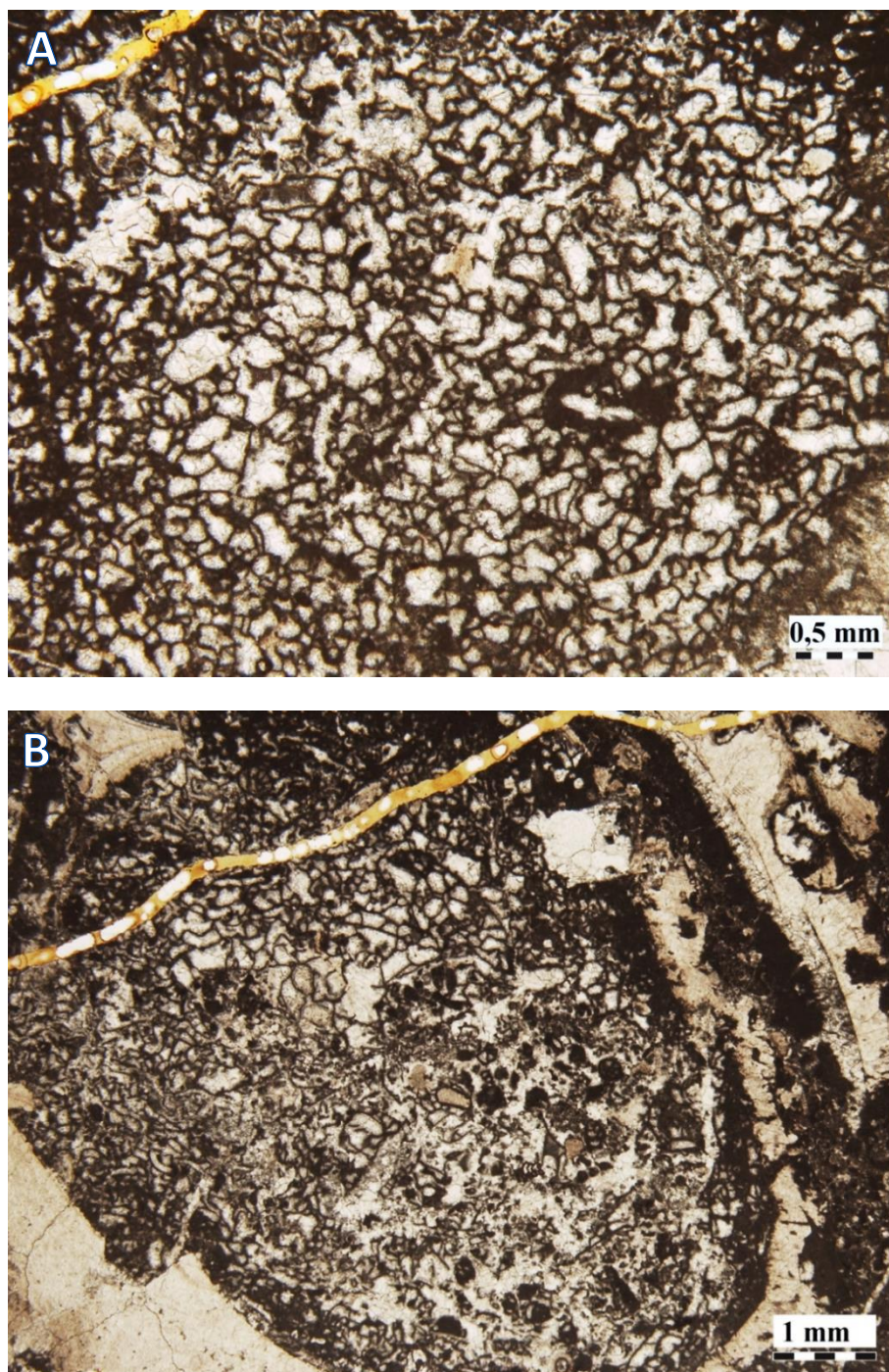
#### 5.1.1.1.3. Litostratigrafska jedinica Kanfanar (KA) – apt

Naslage apta predstavljene su tanje- do srednjedebeo slojevitim vapnencima. Radi se pretežito o zrnastim litotipovima žućkaste boje. Prevladavaju vrlo fosiliferni vekstoni–pekstoni(–grejnstoni) s palorbitolinama, nubekularijama, prekrizalidinama, baćinelskim onkoidima i dr. (sl. 5.9), a u izmjeni ima i muljevitijih litotipova zastupljenih onkoidnim floutstonima u izmjeni s madstonima. Te su naslage vrlo slične vapnencima koji su poznati kao arhitektonsko-građevni kamen komercijalnoga naziva Kanfanar ili Istarski žuti u zapadnom dijelu Istre, odnosno članu Sv. Petar, kao nižem dijelu naslaga litostratigrafske jedinice Kanfanar (prema VLAHOVIĆ, 1999). Od mikrofosila su česte alge *Bacinella irregularis* RADOIČIĆ (sl. 5.10A i B) i *Salpingoporella dinarica* RADOIČIĆ (sl. 5.11A i B), a od bentičkih foraminifera su određene *Palorbitolina lenticularis* (BLUMENBACH) (sl. 5.12A i B), *Sabaudia briacensis* ARNAUD-VANNEAU, *S. minuta* (HOFKER), *Vercorsella arenata* ARNAUD-VANNEAU i dr. U vapnencima su prisutni još i koralji te kršje rekvijenidnih školjkaša (roda *Toucasia*). Na temelju određene mikrofosilne zajednice starost ovih naslaga je definirana kao donji apt. Debljina vapnenaca ove jedinice na području Ćićarije iznosi najčešće 30 do 50 m, a najviše do 60 m. Naslage aptske starosti odlikuju se oštrom granicom prema podinskoj jedinici baremske

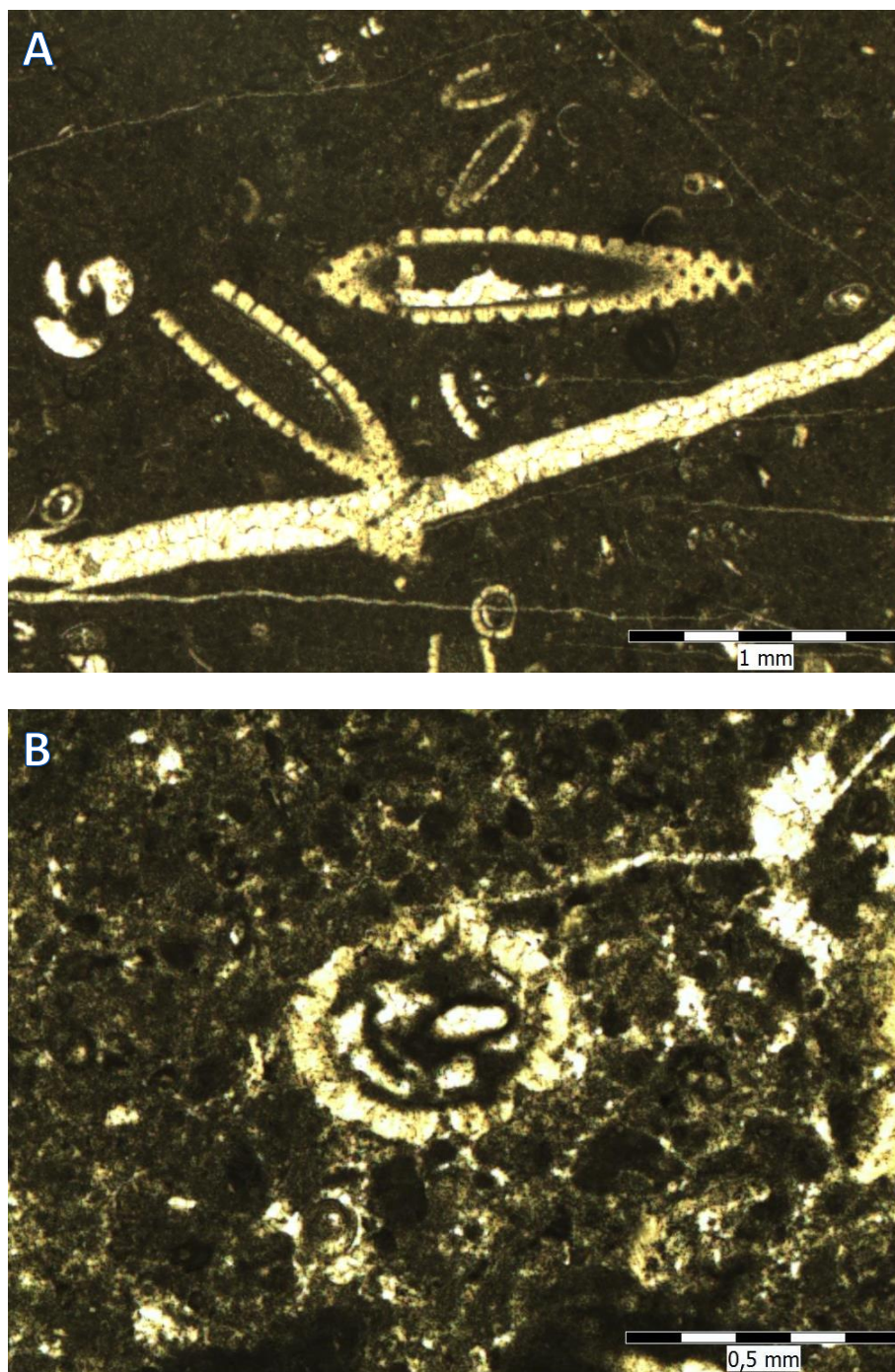
starosti, dok je gornja granica, prema krovinskim naslagama, obilježena pojavom emerzijskih breča, odnosno regionalnom emerzijom.



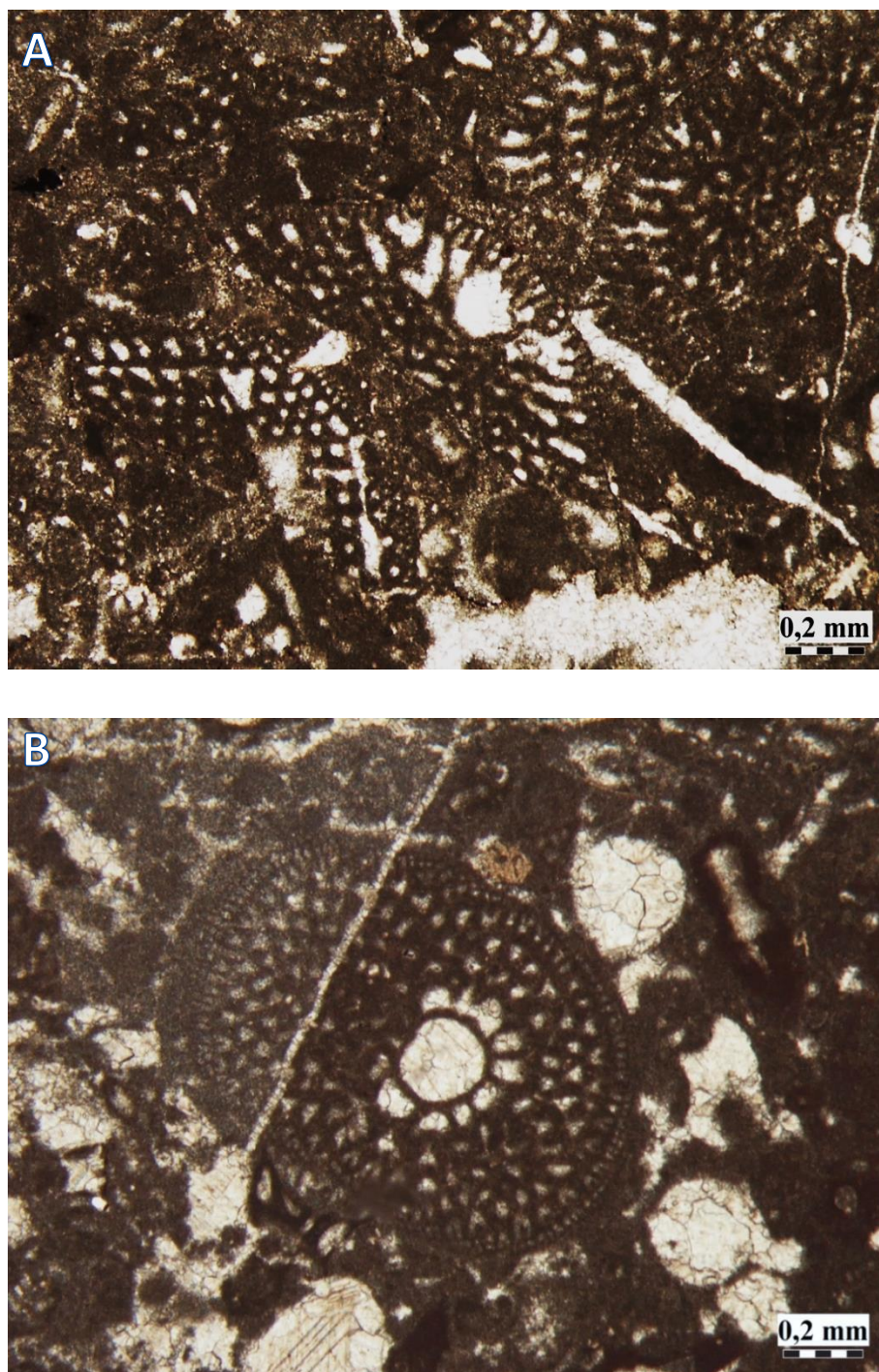
**Slika 5.9.** Mikrofacijes fosilifernoga vekstona–pekstona s palorbitolinama i baćinelama iz naslaga jedinice Kanfanar; uzorak ČT-244 (45°26'47.5"N, 14°8'47.7"E).



**Slika 5.10.** A) *Bacinella irregularis* RADOIČIĆ; B) baćinelski onkoid. Obje mikrofotografije su napravljene na izbruscima iz uzorka ČT-258 (45°26'50.7"N, 14°8'44.4"E).



**Slika 5.11.** Različiti presjeci vapnenačke alge *Salpingoporella dinarica* RADOIČIĆ; Mikrofotografije A i B su načinjene iz izbruska uzorka L-22 (45°28'5.7"N, 14°4'56.0"E).



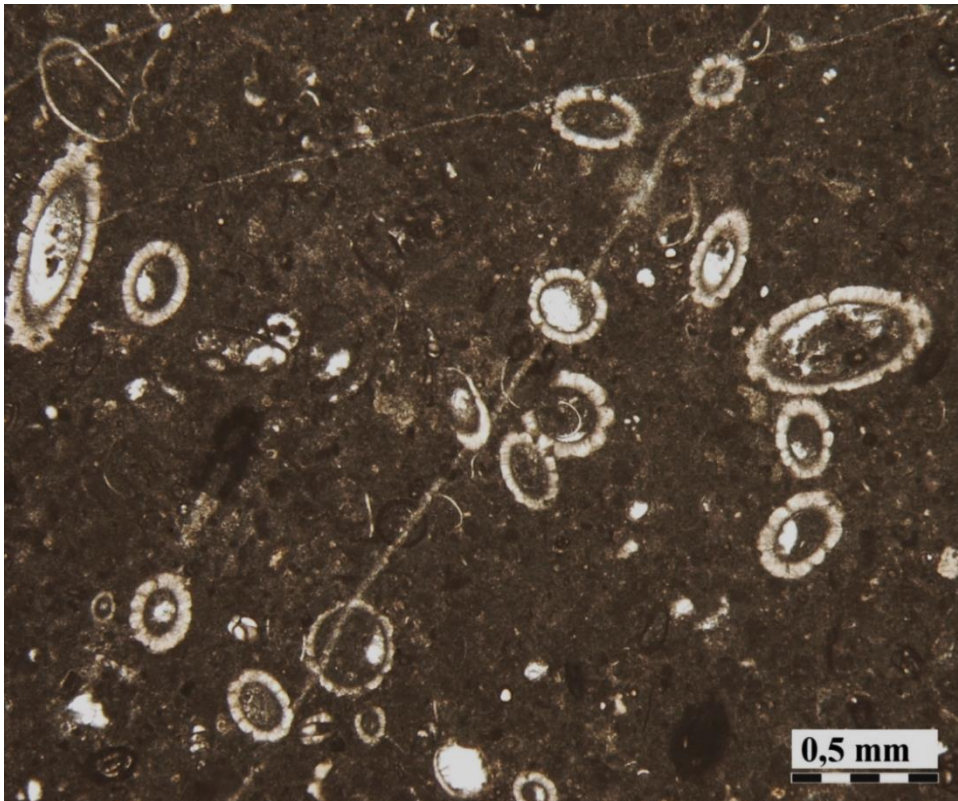
**Slika 5.12.** Različiti presjeci foraminifera *Palorbitolina lenticularis* (BLUMENBACH). A) makrosferična generacija; B) ekvatorijalni presjek. Obje mikrofotografije su načinjene iz izbruska uzorka ČT-244 (45°26'47.5"N, 14°8'47.7"E).

Na temelju provedenih istraživanja ova je jedinica nazvana Kanfanar prema istodobnim naslagama u području Zapadnoistarske antiklinale, iako treba još jednom naglasiti da su na Ćićariji zastupljeniji zrnastiji litotipovi, dok je litostratigrafska jedinica Kanfanar na tipičnim lokalitetima zapadne Istre obilježena pretežito muljevitijim litotipovima vapnenaca. Naslage

donjega apta su po svojim svojstvima, ponajprije karakterističnim fosilnim sadržajem, vrlo prepoznatljive te bez obzira na razmjerno malu debljinu predstavljaju izvrstan reper za stratigrafsko razlučivanje litološki mjestimice vrlo sličnih podinskih baremskih i krovinskih albskih naslaga. To vrijedi ne samo za Istru i Ćićariju, već i za šire područje Krških Dinarida izgrađeno od naslaga nekadašnje Jadranske karbonatne platforme.

U nekim dijelovima istraživanoga terena vrlo su prepoznatljive i naslage dosta bogate algama salpingoporelskoga tipa, odnosno skeletima vrste *Salpingoporella dinarica* RADOIČIĆ, koje svojom brojnošću tvore tipične algalne vekstone (sl. 5.13). Te naslage bi na širem području nekadašnje Jadranske karbonatne platforme odgovarale krovini donjega apta, odnosno naslagama kronostratigrafske pripadnosti gornjem aptu. Naime, dazikladalna alga *S. dinarica* svoj maksimum razvoja postigla je upravo u mlađem aptu, kako u Istri tako i na cijelom području Jadranske karbonatne platforme (VELIĆ & SOKAČ, 1983; GRGASOVIĆ & SOKAČ, 2003). Sličan razvoj naslaga s masovnom, tj. dominantnom pojavom alga ove vrste opisan je u zapadnoj Istri kao gornji dio člana Begovac, koji predstavlja mlađi dio naslaga litostratigrafske jedinice Kanfanar (VLAHOVIĆ, 1999). Međutim, na Ćićariji se radi o slijedu naslaga debljine svega nekoliko metara što je premalo da bi ta jedinica bila kartirabilna kao zasebna jedinica. Zbog toga je i taj dio naslaga svrstan zajedno s opisanim podinskim naslagama u jedinstvenu litostratigrafsku jedinicu – Kanfanar. Njezina gornja granica i prijelaz u krovinsku jedinicu Crna albske starosti obilježena je vrlo izraženom i terenski gotovo uvijek prepoznatljivom regionalnom gornjoaptskom emerzijom (horizont emerzijskih breča je na dostupnim i otvorenim izdancima debeo i više od 1 m, npr. u blizini naselja Vele i Male Mune).





**Slika 5.13.** Mikrofacijes algalnoga vekstona jedinice Kanfanar s brojnim presjecima vapnenačkih alga vrste *Salpingoporella dinarica* RADOIČIĆ; uzorak L-22 (45°28'5.7"N, 14°4'56.0"E).

Pri opisu jedinice Kanfanar treba navesti i neke paleogeografske činjenice koje omogućuju bolje shvaćanje razvoja naslaga mlađe donje krede. Naime, pred kraj starijega apta područje Dinarida je zahvatila regionalno izražena gornjoaptsko–donjoalbska emerzija (VELIĆ et al., 1989) koja je različito dugo trajala, ovisno o paleogeografskim obilježjima terena. U zapadnom dijelu Istre ona je trajala do mlađega alba. Zbog toga se u krovini jedinice Kanfanar nalazi i preko 1 m debeli sloj zelenkastih laporovitih naslaga s emerzijskim brečama, koji prelazi u tanko- i dobroslojevite vapnence (MATIČEC et al., 2013). Gornjoaptsko–donjoalbska emerzija na Ćićariji jasno je izražena i vidljiva u širem području Velih i Malih Muna, pogotovo u zasjecima cesta i putova, dok je drugdje na terenu teže uočljiva jer su njezini izdanci zbog podložnosti trošenju emerzijskih glina i lapora, najčešće prekriveni gustom vegetacijom. Donja granica emerzijskog nivoa podudarna je s početkom događaja vezanih uz regionalnu aptsku emerziju. Isto tako, u početku slijeda albskih naslaga česte su emerzije, odnosno tanji emerzijski horizonti koji ukazuju na vjerojatno kraće prekide marinske sedimentacije tijekom nadolazeće oscilirajuće transgresije. Naime, na prijelazu mlađi apt–stariji alb zabilježena je najniža eustatska razina mora tijekom krede (HAQ et al., 1987, 1988) te su, s obzirom da se u istraživanom području radilo o vrlo plitkom moru, još više do izražaja dolazile bočne razlike u

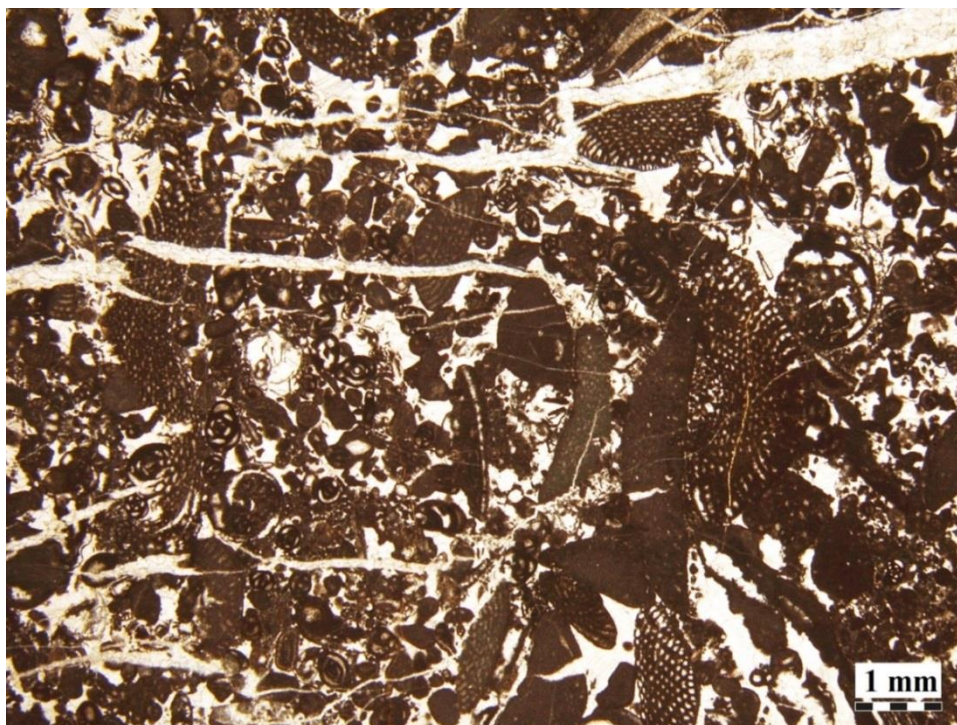
sedimentaciji uzrokovane sinsedimentacijskom tektonskom aktivnošću. Sinsedimentacijska tektonika i vrlo vjerojatno izrazito oscilirajuća albska transgresija su razlozi zašto se na prijelazu apt–alb, pa tako i u donjem albu Ćićarije nalazi više izraženih emerzijskih horizonata. Takav razvoj bi se mogao usporediti s onim na otoku Cresu, odnosno litostratigrafskom jedinicom Crna-1 (FUČEK et al., 1995), koja je u novije vrijeme dobila i novi naziv – Porožina (FUČEK et al., 2012, 2014, 2015). S obzirom da se zbog objektivnih okolnosti, odnosno izrazite prekrivenosti vegetacijom (a uz to i tektoniziranost i vjerojatnu tektonsku reduciranost naslaga) u takvim terenima kao što je Ćićarija vrlo često ne mogu uočiti razmjerno tanki horizonti donjoalbskih naslaga s emerzijama, jedinica Porožina se pokazala nekartirabilnom, pa nije zasebno izdvajana. Stoga je odlučeno da se na području Ćićarije odvajaju samo jedna jedinica albske starosti i to litostratigrafska jedinica Crna, koja započinje u krovini gornjoaptske emerzije, a uključuje i donjoalbske i krovinske gornjoalbske naslage čiji opis slijedi.

#### 5.1.1.1.4. Litostratigrafska jedinica Crna (CN) – alb

Neformalna litostratigrafska jedinica Crna nalazi se u superpozicijskom slijedu između jedinice Kanfanar u podini (odnosno naslaga gornjoaptsko–donjoalbske emerzije) i dolomita te vapnenačko-dolomitnih breča jedinice Sis u krovini. Naslage ove jedinice su vrlo slične naslagama litostratigrafske jedinice Crna opisanima na otoku Cresu. Izvorno su albske naslage otoka Cresa bile opisane kao jedinice Crna-1 (ova jedinica obuhvaćala je i naslage mlađega apta i naslage starijega alba), Crna-2 i Crna-3 (FUČEK et al., 1995), a kasnije su te jedinice objedinjene u jedinicu Crna (FUČEK et al., 2012), pa su i na području Ćićarije tako nazvane.

Stijene litostratigrafske jedinice Crna albske starosti izgrađuju velik dio središnjega i sjeveroistočnoga dijela istraživanog područja (PRILOG 1). Predstavljene su sivim do tamnosivim, mjestimice i gotovo crnim, pločastim do tankoslojevitim vapnencima debljine slojeva od 2 do 35 cm (rijetko i do 50 cm), koji su često laminirane građe. U nekim dijelovima terena zapaženi su slojevi debljine i preko 1 m. Karakteristične su i često izražene ravne slojne površine. Naslage alba zastupljene su različitim litotipovima vapnenaca koji predstavljaju nepravilnu izmjenu madstona, skeletno-bioklastičnih vekstona, skeletnih vekstona–pekstona (sl. 5.14), peloidnih pekstona i peloidno-bioklastično-skeletnih pekstona do grejnstona, te intraklastično-bioklastičnih pekstona do floutstona s fragmentima školjkaša i gastropoda. U izmjeni s takvim litotipovima se nalaze i rijetki proslojci i leće krupnokristalastih dolomita. Uglavnom pretežu madstoni s proslojcima peloidno-miliolidnih vekstona, a rjeđe i

pekstona/grejnstona. Mjestimice su naslage bituminozne, odnosno sadrže organsku tvar. Rjeđi su nešto deblji slojevi s lateralno i vertikalno promjenjivim udjelom školjkaša roda *Chama* koji mjestimice čine i tanje lumakele. U vapnencima alba od makrofosila se nalaze i sitniji radiolitidni rudisti koji su najčešće nepravilno zastupljeni u muljnim vapnencima, razni gastropodi među kojima ima i predstavnika različitih vrsta roda *Nerinea* i dr.



**Slika 5.14.** Mikrofacijes skeletnoga vekstona–pekstona s brojnim presjecima orbitolinidnih foraminifera (rod *Mesorbitolina*), miliolidama, gastropodima i dr.; uzorak ČT-291 (45°26'25.7"N, 14°10'2.1"E).

Od mikrofossilnoga sadržaja, osim najbrojnijih miliolida, određene su i sljedeće bentičke foraminifere: *Nezzazatinella picardi* (HENSON), *Sabaudia auruncensis* (CHIOCCHINI & DI NAPOLI), *Praechrysalidina infracretacea* LUPERTO-SINNI, *Cuneolina parva* HENSON, *Archaeoalveolina reicheli* (DE CASTRO) (sl. 5.15), *Pseudonummoloculina heimi* (BONET), *Scandonea* aff. *phoenissa* SAINT-MARC (sl. 5.16), *Vercorsella arenata* ARNAUD-VANNEAU, te *Mesorbitolina* sp. (dijelom i prema VLAHOVIĆ et al., 1995a), a od foraminifera nalaze se razne orbitolinidne forme te debarine. Od vapnenačkih alga su zastupljene alge salpingoporelskoga tipa s najčešćom vrstom *Salpingoporella turgida* (RADOIČIĆ) (sl. 5.16).



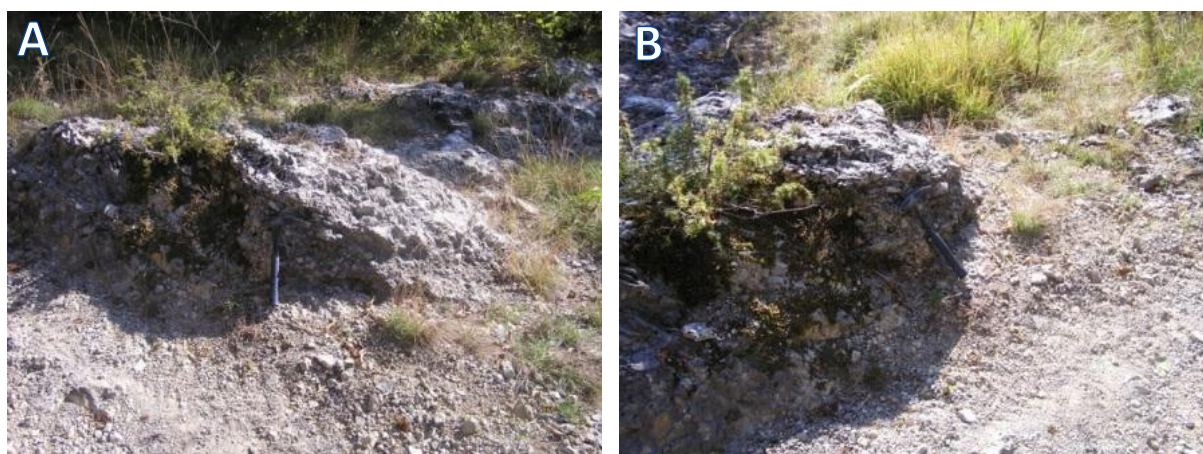
**Slika 5.15.** Foraminifera *Archaeoalveolina reicheli* (DE CASTRO); uzorak B-62 (45°27'2.1"N, 14°9'24.1"E).



**Slika 5.16.** Karakteristični mikrofosili albskih naslaga: dolje lijevo poprečni presjek vapnenačke alge *Salpingoporella* cf. *turgida* (RADOIČIĆ), a gore desno foraminifera *Scandonea* aff. *phoenissa* SAINT-MARC označena strelicom; uzorak V-7 (45°27'42.0"N, 14°3'17.6"E).

Na osnovu navedene mikrofossilne zajednice, kao i prisutnosti ostataka makrofosila koji su tipični i prepoznatljivi za odgovarajuće naslage diljem Dinarida (kao što su npr. već spomenuti školjkaši iz skupine hama) može se sa sigurnošću zaključiti da su ove naslage albske starosti. Okoliš taloženja opisanih naslaga bio je unutarnji dio morfološki razvedene karbonatne platforme.

Podina albskih naslaga je obilježena debelim paketom emerzijskih breča (debljine i veće od 1 m), a i u nižem dijelu naslaga jedinice Crna mjestimice su prisutni ciklusi oplićavanja s emerzijskim horizontima (sl. 5.17A i B) uslijed razmjerno kratkotrajnih razdoblja izranjanja taloga i prekida sedimentacije.



**Slika 5.17.** Emerzijski horizonti u donjem albu (donji dio litostratigrafske jedinice Crna). Obje fotografije s lokaliteta zapadno od sela Male Mune (45°27'36.6"N, 14°9'12.4"E).

U vršnom dijelu naslage su često nepravilno kasnodijagenetski dolomitizirane, a rjeđe je proslojavanje vapnenaca s kasnodijagenetskim dolomitom vidljivo i u nižem dijelu (najčešće dolomitizacija zahvaća gornje dijelove pojedinih slojeva ili nekoliko završnih slojeva nekoga paketa slojeva). Nepravilno pojavljivanje kasnodijagenetskih dolomita često je vezano uz postojeće rupture i diskontinuitete koji su poslužili kao putovi cirkuliranja pornih i oborinskih voda, odnosno otopina prezasićenih u odnosu na magnezij koje su dolomitizirale već litificirane vapnence. Taj proces nije svugdje proveden do kraja ni ravnomjerno, pa postoje lateralni prijelazi vapnenaca u dolomit, kao i selektivna dolomitizacija samo u površinskim dijelovima slojeva vapnenaca. Na taj način nastala dolomitna tijela su različitih oblika – mogu se protezati lateralno u obliku manjih dolomitnih leća ili potpuno dolomitiziranih slojeva, ali i koso ili vertikalno duž neke rupture ili diskontinuiteta, čime nastaju tijela nepravilnoga oblika. Fenomen dolomitizacije u naslagama alba istraživana, ali i okolnih područja spominjali su i

drugi istraživači. Tako je primjerice MATIČEC (1998) spomenuo da se unutar alba uz rupture (pukotinske i rasjedne sustave) pojavljuju izrazite zone obilježene kasnodijagenetskom dolomitizacijom.

Ukupna debljina jedinice Crna iznosi preko 400 m (vjerojatno i do 500 m) jer obuhvaća naslage stratigrafskoga raspona od donjega do srednjega alba, ali i najveći dio gornjoalbskih naslaga. Razmjerno velika debljina opisanih naslaga ne treba previše čuditi jer su i ranija istraživanja ovoga područja ukazivala na slične iznose debljine. Tako se npr. u tumaču OGK za list Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ & PLENIČAR, 1975) za naslage raspona  $K_1^{3-5}$ , koje obuhvaćaju barem, apt i alb spominje debljina od čak 600 m.

Prijelaz naslaga formacije Crna albske starosti u krovinsku jedinicu Sis (gornjoalbsko–donjocenomanske dolomitizacijske „breče“) je uglavnom nepravilan, s obzirom da je stupanj postsedimentacijskih promjena koje su dovele do promjene habitusa stijena neposredno ovisan o stupnju tektonske poremećenosti naslaga i podložnosti stijena dolomitizaciji.

#### 5.1.1.1.5. Litostratigrafska jedinica Sis (Sis) – gornjoalbsko–donjocenomanske postsedimentne dolomitizacijske „breče“ (vapnenačko–dolomitne breče) – gornji alb–donji cenoman

Naslage neformalne litostratigrafske jedinice Sis su stratigrafski vrlo značajne jer markiraju razinu prijelaza iz donjokrednih u gornjokredne naslage u širem području, uključujući i susjednu Učku (MATIČEC, 1998). To su prijelazne naslage iz alba u cenoman, a karakterizira ih pojava postsedimentnih, tektogeno–dijagenetskih breča (VLAHOVIĆ et al., 1995b, 2002).

Ova jedinica je nazvana Sis prema litostratigrafskoj jedinici koja je naziv dobila po istoimenom lokalitetu na otoku Cresu (FUČEK et al., 2012). Ove naslage taložene na prijelazu starije u mlađu kredu zauzimaju veliku površinu terena sjeverozapadnoga i sjeveroistočnoga istraživana područja Ćićarije. Najviše izdanaka naslaga ove jedinice na sjeverozapadnom dijelu nalazi se na potezu između sela Dane i Jelovice, a na sjeveroistočnom dijelu u širem području naselja Vele Mune (PRILOG 1). Litostratigrafska jedinica Sis obuhvaća vrlo nepravilno dijagenetski izmijenjene stijene gornjoalbsko–donjocenomanske starosti. Stijene ove jedinice odlikuju se izrazitom podložnošću dolomitizaciji i tektonskom drobljenju. Na reliktima primarnih stijena vrlo je često uočljiva gusta raspucanost, odnosno kataklaziranost, koja je omogućila intenzivnu cirkulaciju otopina, a time i izraženu dijagenezu u smislu selektivne kasnodijagenetske dolomitizacije i naknadne dedolomitizacije. Uz spomenuto dolazi

i do izrazitog okršavanja duž rasjednih zona i kolapsiranja fragmenata različitih dimenzija. Navedenim procesima stijene su u istraživanom području najčešće poprimile brečolik izgled. Zbog izražene dolomitizacije izvorni fosilni sadržaj stijenskih fragmenata je uglavnom potpuno uništen.

U ovom kompleksu naslaga utvrđen je slijed između albskih i cenomanskih naslaga, koji se sastoji od:

- kataklaziranih albskih vapnenaca;
- kataklaziranih albskih vapnenaca s dolomitiziranim pukotinama (u istražnoj bušotini ŽTĆ-2 bušenoj u sklopu izrade projekta za željeznički tunel kroz Čićariju su u toj razini utvrđeni i silicijski sedimenti, što odgovara razvoju gornjega alba u širem području – npr. južnije, u području Istre; VLAHOVIĆ et al., 1995a);
- dolomitizacijskih „breča“ (sl. 5.18), te
- kataklaziranih srednjocenomanskih vapnenaca.



**Slika 5.18.** Dolomitizacijska „breča“ s prijelaza donje u gornju kredu (litostratigrafska jedinica Sis).

Očigledno je da su dijagenetski promijenjene naslage koje su primarno bile podložnije dolomitizaciji odnosno dedolomitizaciji, što je posebno vezano za cirkulaciju otopina u jače tektoniziranim dijelovima terena. Primjerice u rasjednim zonama je došlo do već ranije spomenutog kataklaziranja, selektivne kasnodijagenetske dolomitizacije, naknadne dedolomitizacije, okršavanja i kolapsiranja. Ti procesi su višestruko ponavljani, pa je struktura

i tekstura stijena izrazito promjenjiva, kako vertikalno u slijedu naslaga, tako i lateralno. Zato se na vrlo malom prostoru mogu naći potpuno dolomitizirane naslage, selektivno dolomitizirane brečolike stijene, relikti potpuno nepromijenjenih vapnenaca i okršeni dedolomiti pjeskovitog trošenja. Tako su moguće i vrlo izrazite promjene fizičko-mehaničkih svojstava stijena ove jedinice na vrlo malim, decimetarskim udaljenostima, posebno u dedolomitiziranim stijenama koje su jako korodirane, tako da se mjestimice mogu i drobiti prstima. U procjeni fizičko-mehaničkih svojstava ovih naslaga treba računati na njihovu značajnu uvjetovanost tektonikom (VLAHOVIĆ et al., 1995a). Naime, procesi kasnodijagenetske dolomitizacije i dedolomitizacije vezani su kako za primarne značajke ishodišnih vapnenaca i ranodijagenetskih dolomita (tj. njihov strukturni tip i mineralni sastav), tako i za mogućnost cirkulacije otopina s različitim molarnim udjelima Ca i Mg, što je neposredno uvjetovano raspucanošću stijena, budući da je za takve kasnodijagenetske procese vrlo važna izrazita cirkulacija pornih voda. U nekim dijelovima terena sa slabije izraženom tektonikom, odnosno u područjima gdje tektonika nije uzrokovala značajniju raspucanost naslaga, stijene iste jedinice su čvršće i kompaktnije, tj. boljih fizičko-mehaničkih svojstava nego u tektonski poremećenim dijelovima terena (djelomično i prema VLAHOVIĆ et al., 1995a).

U naslagama ove jedinice nisu pronađeni provodni fosili koji bi neposredno odredili njezinu stratigrafsku pripadnost (tek sporadično se unutar sačuvanih relikata vapnenaca pronađe nešto ostataka mikrofosila, ali najčešće su to samo rijetke miliolide i ostrakodi). Ipak, s obzirom da podinu ovih naslaga predstavljaju naslage sigurno određenoga gornjeg alba, a u krovini se nalaze vapnenci s fosilnom zajednicom karakterističnom za srednji i gornji cenoman, ovaj interval naslaga se može na temelju superpozicijskih odnosa stratigrafski odrediti kao gornji alb–donji cenoman. Takva odredba odgovara i položaju sličnih naslaga, odnosno sterilnih dolomitiziranih vapnenaca, kasnodijagenetskih dolomita i dolomitizacijskih breča, u nekim drugim dijelovima Jadranske karbonatne platforme (npr. na području Cresa – FUČEK et al., 1995), ali i u Italiji (npr. u okolici Monfalconea – TENTOR et al., 1994).

Ukupna debljina naslaga litostratigrafske jedinice Sis na Ćićariji najčešće iznosi do 150 m, a ta je procjena dobivena geološkim kartiranjem i izradom geoloških profila (PRILOZI 1 i 2), kao i na temelju rezultata istražnih bušenja (VLAHOVIĆ et al., 1995a). U područjima s vrlo izraženom raspucanošću i tektoniziranošću terena, debljina je vjerojatno i znatno veća.

Postanak ovih naslaga opisali su ŠIKIĆ & PLENIČAR (1975), koji su pretpostavljali da su vapnenačko-dolomitne breče nastajale trošenjem prigodom izdizanja i taloženja materijala u



bazenske okoliše, a da je dio tih intraformacijskih breča nastao prilikom pojačane energije vode u plitkom okolišu, kad je došlo do miješanja još nedovoljno konsolidiranoga materijala (vapnenačkoga i dolomitnoga mulja) i stvaranja gomolja i nodula, koji su kasnije očvrtnuli.

Međutim, novija istraživanja (VLAHOVIĆ et al., 1995a, b, 2002), pokazala su da kompleks vapnenačko-dolomitnih breča između donje i gornje krede, za razliku od dotadašnjih mišljenja, ne upućuje na intraformacijske breče nastale pod utjecajem sinsedimentacijske tektonike. Istraživanja i zaključci spomenutih autora pokazuju da su to postsedimentne, kataklastične, tektogeno–dijagenetske breče, za čiji se postanak navodi sljedeće: „Nastale su opetovanim tektonskim drobljenjem paketa gornjoalbsko–donjocenomanskih vapnenaca i ranodijagenetskih dolomita, te njihovim otapanjem, dedolomitizacijom, djelomičnim urušavanjem tako nastalih fragmenata, mjestimičnom kasnodijagenetskom silicifikacijom, rekristalizacijom i kalцитizacijom sitnorazdrobljenog dolomitnog matriksa („kamenog brašna“) i konačnom cementacijom kalцитnim i ferokalцитnim cementima“ (prema VLAHOVIĆ et al., 1995b). Na taj su način nastale stijene bočno i vertikalno vrlo promjenjivih značajki, što je najizrazitije u blizini tektoniziranih područja. Podinski i krovinski vapnenci su i u tim područjima ostali razmjerno neporemećeni izuzevši jaku tektonsku raspucanost, s obzirom da zbog svojeg sastava nisu bili u tolikoj mjeri podložni opisanim dijagenetskim promjenama.

#### 5.1.1.2. Gornja krede

Naslage gornje krede su vrlo dobro razvijene i pokrivaju veliki dio istraživanoga područja Ćićarije (PRILOG 1). Radi se o kontinuiranom slijedu naslaga taloženih u uvjetima plitkomorske Jadranske karbonatne platforme. U svim stratigrafskim horizontima gornjokrednih naslaga u lateralnim razvojima prisutna je znatno izrazitija raznolikost facijesa nego što je to slučaj kod donjokrednog dijela stratigrafskoga slijeda. Kao i kod donjokrednih naslaga pojedine stratigrafske razine gornjokrednih naslaga su tektonski reducirane.

Na području Ćićarije gornjokredne naslage su razvijene u stratigrafskom rasponu od cenomana do turon–konijaka. Iako se u literaturnim navodima spominje da najmlađa krede pripada i santonu (JELASKA et al., 1994; KOIĆ, 2000) tijekom istraživanja za potrebe ovoga rada nisu pronađene naslage koje bi odgovarale toj starosti, odnosno utvrđena je najmlađa krede koja najvjerojatnije odgovara konijaku.

Treba napomenuti da su tijekom mlađe krede kontinuirano djelovali sinsedimentacijski tektonski pokreti (MATIČEC et al., 1996) koji su svojim kompresijskim djelovanjem diferencirali reljef, pa su pojedini dijelovi karbonatne platforme već tijekom cenomana izdignuti u kopnene okoliše. To odgovara i podacima termokronoloških mjerenja u području Velebita, gdje je utvrđeno da je izdizanje mjestimice započelo upravo na prijelazu iz starije u mlađu kedu (ŠRODOŃ et al., 2018). Istodobno se u depresijama taloženje nastavljalo kroz različito duga razdoblja, ovisno o raspoloživom akomodacijskom prostoru.

Gornjokredne naslage na Ćićariji predstavljene su uglavnom vapnenačkim razvojem, dok su dolomiti znatno rjeđi. Poneke pojave kasnodijagenetskih dolomita u naslagama gornje krede mogu biti i značajnijih dimenzija (vidi PRILOG 1), no njihova geneza, kao i nepravilan izgled dolomitnih tijela, nemaju veće stratigrafsko značenje. Dolomiti se pojavljuju nepravilno, tako da njihovih mjestimičnih pojava ima u svim razinama gornjokrednoga slijeda naslaga.

#### 5.1.1.2.1. Litostratigrafska jedinica Milna (MI) – srednji–gornji cenoman

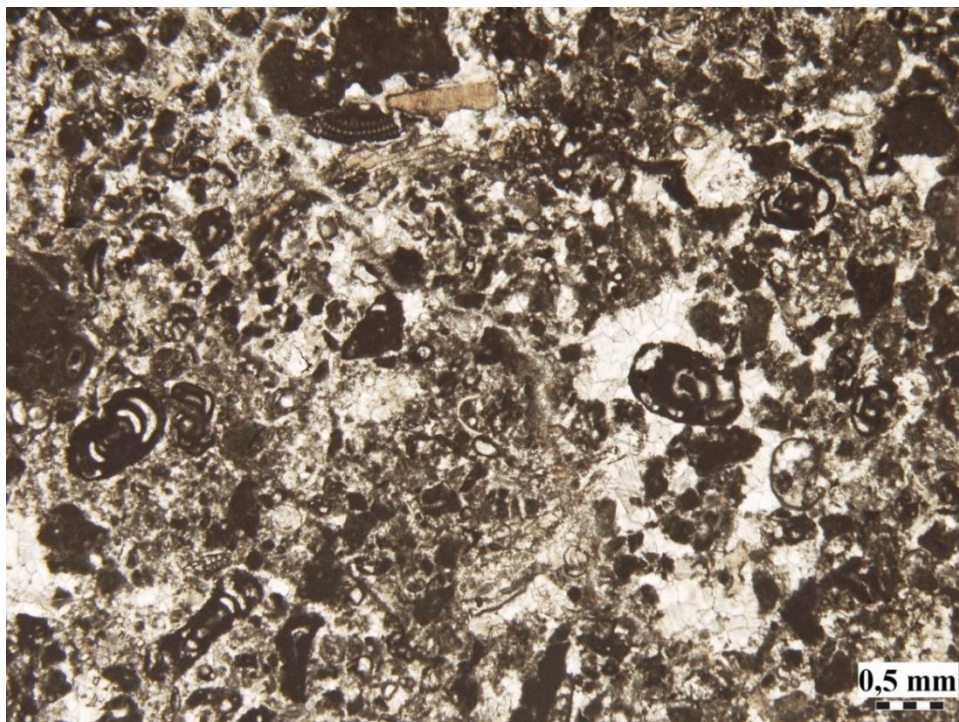
Tijekom cenomana je na području Jadranske karbonatne platforme znatno intenzivirana sinsedimentacijska tektonika, a posljedica toga je značajna lateralna i vertikalna diferencijacija facijesa. Stoga su u stijenskom zapisu česte izmjene madstona, različitih tipova vekstona (najčešće ostrakodnih i foraminiferskih), te bioklastično-intraklastičnih pekstona, grejnstona, floutstona i radstona.

Cenomanske naslage Ćićarije su po svojem razvoju najbližnje razvoju istodobnih naslaga neformalne litostratigrafske jedinice Milna, koja je prvi puta opisana na otoku Braču (GUŠIĆ & JELASKA, 1990), pa je stoga taj naziv korišten i u ovom radu. Jedinicu Milna na Ćićariji predstavljaju uglavnom tanje do srednje, mjestimice i deblje slojeviti vapnenci. Slojevi su najčešće debljine 40–100 cm (sl. 5.19), rjeđe su tanji, a tek mjestimice su deblji od 100 cm. Uglavnom su to smeđi do tamnosmeđi, mjestimice žućkastosmeđi i sivosmeđi madstoni do peloidno-skeletni vekstoni–pekstoni (sl. 5.20). Grejnstoni s mjestimičnim kršjem radiolitidnih rudista te rudistni floutstoni su rjeđi. U izmjeni s navedenim litotipovima vapnenaca nerijetko se nalaze i stromatoliti s horizontalnom do valovitom laminacijom kao teksturnim obilježjem vidljivim na površini stijena. U slijedu naslaga ima i proslojaka s brojnim korozivskim šupljinama, a mjestimice su vidljive i površine subaerskoga izlaganja. I na drugim dijelovima nekadašnje Jadranske karbonatne platforme ova je jedinica obilježena decimetarskim izmjenama fenestralnih madstona, skeletnih vekstona–pekstona, peloidno-bioklastično-

skeletnih vekstona–pekstona, peloidno-skeletno-intraklastičnih pekstona–grejnstona, hondrodontno-radiolitidnih floutstona i stromatolita (npr. GUŠIĆ & JELASKA, 1990).



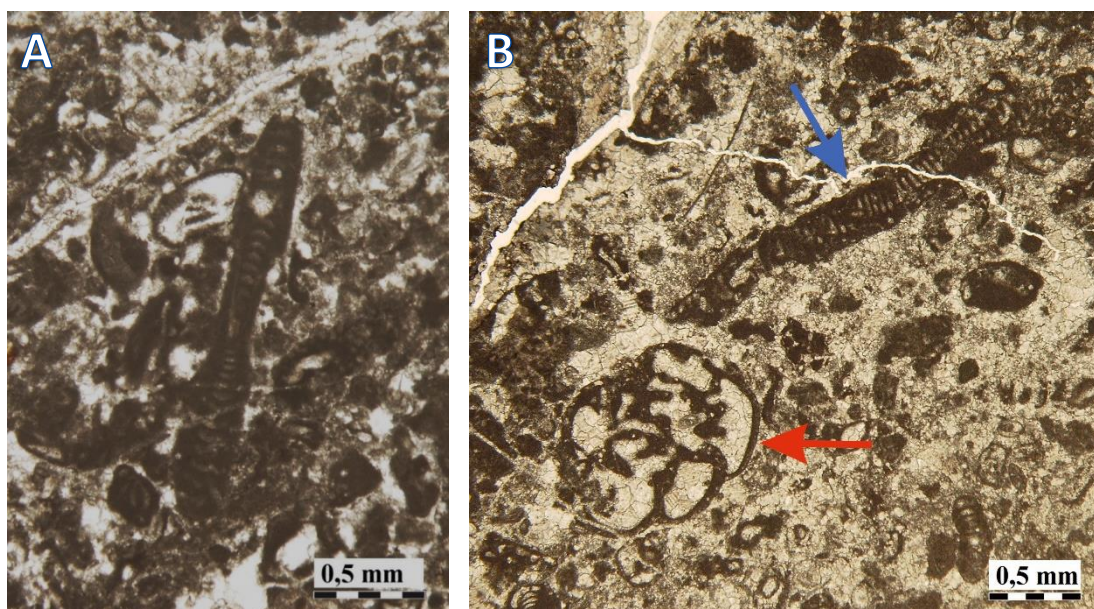
**Slika 5.19.** Strmo nagnuti srednje do deblje slojeviti vapnenci litostratigrafske jedinice Milna sa smjerom nagiba slojevitosti prema sjeveroistoku u zasjeku makadamske ceste Račja Vas–Veprinac ( $45^{\circ}23'59.4''N$ ,  $14^{\circ}9'52.9''E$ ).



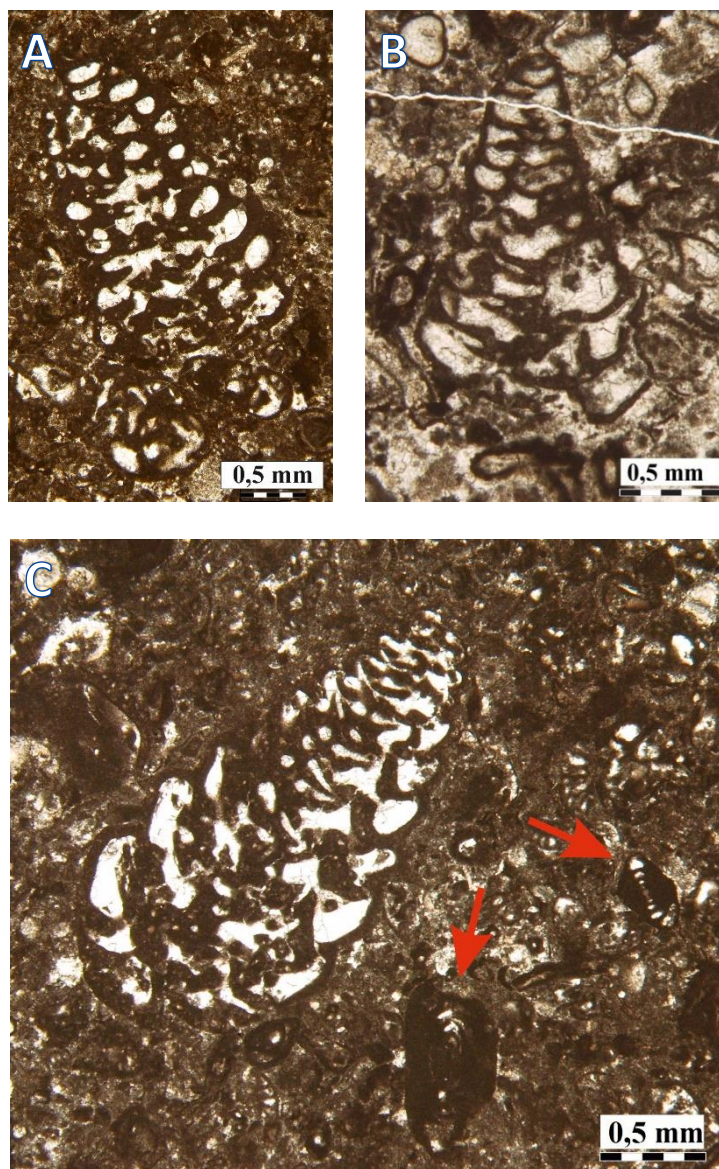
**Slika 5.20.** Mikrofacies skeletnog vekstona–pekstona srednjeg do gornjeg cenomana; uzorak ČV-7 ( $45^{\circ}29'50.7''N$ ,  $14^{\circ}2'3.8''E$ ).

Madstonski litotipovi vapnenaca jedinice Milna su nerijetko rekristalizirani, a mjestimice i intenzivno bioturbirani. Rekristalizirani cenomanski vapnenci su najčešće bijele boje, a u njima se često može naći i rudistno kršje. Mjestimice ima i bituminoznih laminita, koji su važno obilježje ovih naslaga. Stijene ove jedinice uglavnom karakterizira razmjerno mali broj fosila u stijenama, osim u mjestimice prisutnim prigrebenskim litotipovima, a razlog je već spomenuta česta rekristaliziranost. Ipak, u sačuvanim, nerekrystaliziranim litotipovima vapnenaca, pogotovo u muljnim varijetetima mogu se pronaći brojne bentičke foraminifere: osim vrlo čestih miliolida određene su i *Broeckina (Pastrikella) balcanica* CHERCHI et al. (sl. 5.21A i B), *Chrysalidina gradata* d'ORBIGNY (sl. 5.21B, 5.22A, B i C), *Pseudonummoloculina regularis* PHILIPPSON, *P. heimi* (BONET), *Vidalina radoicicae* CHERCHI & SCHROEDER (sl. 5.22C i 5.23A i B), *Pseudorhapydionina dubia* (DE CASTRO), *Nezzazatinella picardi* (HENSON), *Cuneolina pavonia* d'ORBIGNY, *Pseudolituonella reicheli* MARIE, *Nezzazata simplex* OMARA, *Biplanata peneropliformis* HAMAOUÏ & SAINT MARC, *Biconcava bentori* HAMAOUÏ & SAINT MARC, a nalaze se još i nubekularije, alveolinide, skandoneje i dr.

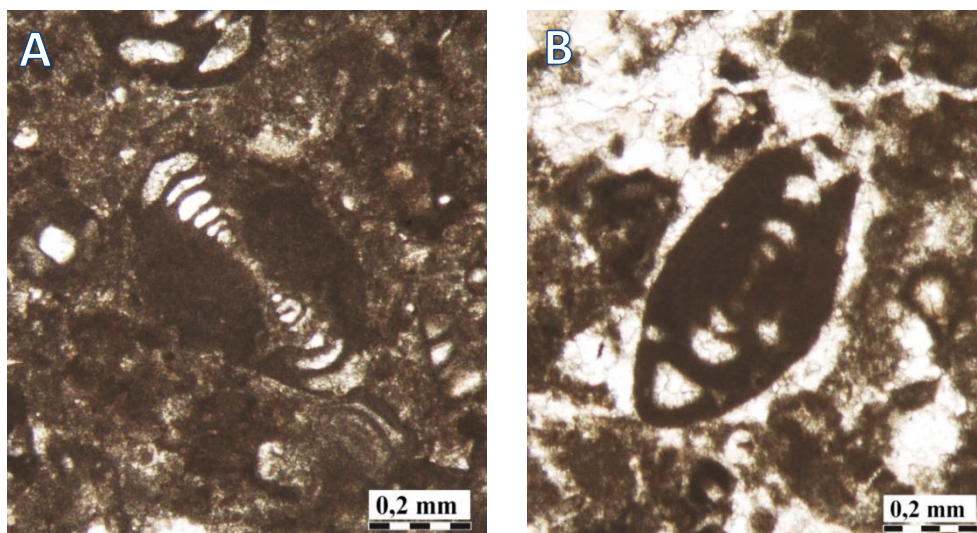
Važno je naglasiti da ove naslage pripadaju srednjem i gornjem cenomanu, dok donjem cenomanu pripada mlađi dio dolomitizacijskih breča prethodno opisane litostratografske jedinice Sis.



**Slika 5.21.** Bentičke foraminifere značajne za srednji i gornji cenoman. A) *Broeckina (Pastrikella) balcanica* CHERCHI et al.; B) *Chrysalidina gradata* d'ORBIGNY (na slici označena crvenom strelicom) i *B. (P.) balcanica* CHERCHI et al. (označena plavom strelicom); obje mikrofotografije iz uzorka ČV-7 (45°29'50.7"N, 14°2'3.8"E).



**Slika 5.22.** Presjeci vrlo značajne bentičke foraminifere naslaga jedinice Milna – *Chrysalidina gradata* d'ORBIGNY. A) uzorak ČV-168 (45°29'25.7"N, 14°2'45.4"E); B) uzorak J-49 (45°27'21.3"N, 14°2'44.2"E); C) pored *Ch. gradata* vidljiva su i dva presjeka bentičke foraminifere *Vidalina radoicicae* CHERCHI & SCHROEDER (označene strelicama); uzorak J-186 (45°30'33.3"N, 13°58'6.5"E).



**Slika 5.23.** Bentička foraminifera značajna za srednji i gornji cenoman istraživanoga područja: *Vidalina radoicicae* CHERCHI & SCHROEDER; obje mikrofotografije iz uzorka J-186 (45°30'33.3"N, 13°58'6.5"E).

Od makrofosilnih ostataka u cenomanskim naslagama nalazi se i promjenjiv udio kršja i skeleta radiolitida, a osim njih od školjkaša iz skupine rudista utvrđeni su i kaprinidi i ihtiosarkoliti. Nalaze se i za cenomanske naslage vrlo značajni ostreidni školjkaši iz skupine hondrodonta, među kojima i jedinice vrste *Chondrodonta joannae* (CHOFFAT). Unutar subtajdalnih taložnih okoliša taložena su nepravilna sedimentna tijela izgrađena od prigrebenskoga materijala, nastala destrukcijom manjih grebena na kojima i oko kojih je bilo rudista i ostreidnih školjkaša. Te su naslage vrlo svijetlosmeđe boje, masivne i vrlo su slične gornjoturanskim naslagama od kojih ih razlikuje fosilni sadržaj i nešto veća varijabilnost litotipova, te njihova jasna prostorna ograničenost.

Na temelju navedene mikro- i makrofosilne zajednice, koja gotovo u potpunosti odgovara zajednicama u okolnim područjima (VELIĆ & VLAHOVIĆ, 1994; VLAHOVIĆ et al., 2005) može se reći da ova jedinica pripada srednjem i gornjem cenomanu. Okoliš taloženja najvećega dijela vapnenaca ove jedinice bila je zaštićena subtajdalna laguna s razmjerno niskom do umjerenom energijom vode, u koju je povremeno donošan materijal iz susjednih područja s povišenom energijom vode.

Mjestimice važnu značajku vršnog dijela cenomanskih naslaga predstavlja izrazita rekristaliziranost i raspucanost penetrativnim pukotinama s crvenkastim ispunama. Osim toga, cenomanski su vapnenci često prožeti gustim, zatvorenim stilolitskim šavovima, koji su obično ispunjeni crvenkastim glinovitim ispunama.

Sinsedimentacijska tektonika tijekom srednjega i mlađega cenomana uzrokovala je i okopnjavanje nekih dijelova današnje Ćićarije koji su ostali subaerski izloženi sve do paleogenske transgresije, kao npr. u području Lisine gdje na cenomanskim naslagama nema mlađih krednih naslaga (iz VLAHOVIĆ et al., 1995a). Za razliku od tih područja, lateralno su nastale manje depresije u kojima je dolazilo do postupnog produbljavanja i taloženja u pretežito subtajdanim okolišima. U srednjem do mlađem cenomanu taložene su i naslage izuzetno bogate organskom tvari, vjerojatno kao najava nadolazećeg oceanskog anoksičnog događaja koji je bio globalnoga karaktera, a čiji su efekti ostavili trag i na drugim perimediteranskim karbonatnim platformama. Glavni događaj u literaturi poznat pod nazivom OAE 2 zabilježen je na prijelazu iz cenomana u turon. Takve bituminozne stijene najčešće su tankoslojevite i laminirane, dok se u području Bujske antiklinale bitumenom bogat matriks pojavljuje i unutar rudistnih floutstona (npr. u kamenolomu *Lucija II* – MATIČEC et al., 2013).

U blizini nekih rasjeda ili jače poremećenih tektonskih zona naslage cenomana su vrlo podložne kasnodijagenetskoj dolomitizaciji. Tako su nastali krupnokristalinični, tamnosivi, sivi do potpuno bijeli kasnodijagenetski dolomiti s reliktima cenomanskih vapnenaca različitih litotipova. Ipak, intenzivnija dolomitizacija je uglavnom prisutna u razmjerno uskim zonama (vidi PRILOG 1).

Zbog izrazite tektonske poremećenosti bilo je nemoguće neposredno izmjeriti debljinu cenomanskih naslaga jedinice Milna, ali se na temelju geološkoga kartiranja i usporedbe s okolnim područjima može pretpostaviti da im je ukupna debljina oko 250 m. Međutim, debljina ovih naslaga je promjenjiva, može biti i nešto veća, ali ponegdje je sigurno i manja s obzirom na razvedenost i dezintegriranost karbonatne platforme u to vrijeme te činjenicu da je mjestimice pri kraju mlađega cenomana dolazilo i do subaerskog izlaganja, odnosno početka regionalne emerzije obilježene kopnenom fazom koja je trajala sve do paleogena.

#### 5.1.1.2.2. Litostratigrafska jedinica Sv. Duh (SD) – gornji cenoman–donji turon

Krajem cenomana došlo je do nagloga i izrazitoga globalnog dizanja morske razine (prema različitim autorima razina mora je bila 100 do 200 m viša od današnje – HAQ et al., 1987, 1988; HALLAM, 1992; HARDENBOL et al., 1992; MILLER et al., 2005, 2011) praćenog pojavom anoksičnog događaja. Pritom su izumrle brojne vrste, ali istodobno se dogodila i diversifikacija te masovno širenje oportunističkih vrsta koje nisu bile toliko osjetljive na promjene u kemijskim i fizikalnim značajkama morske vode (salinitet, temperatura, nutrijenti, oksičnost, itd.).

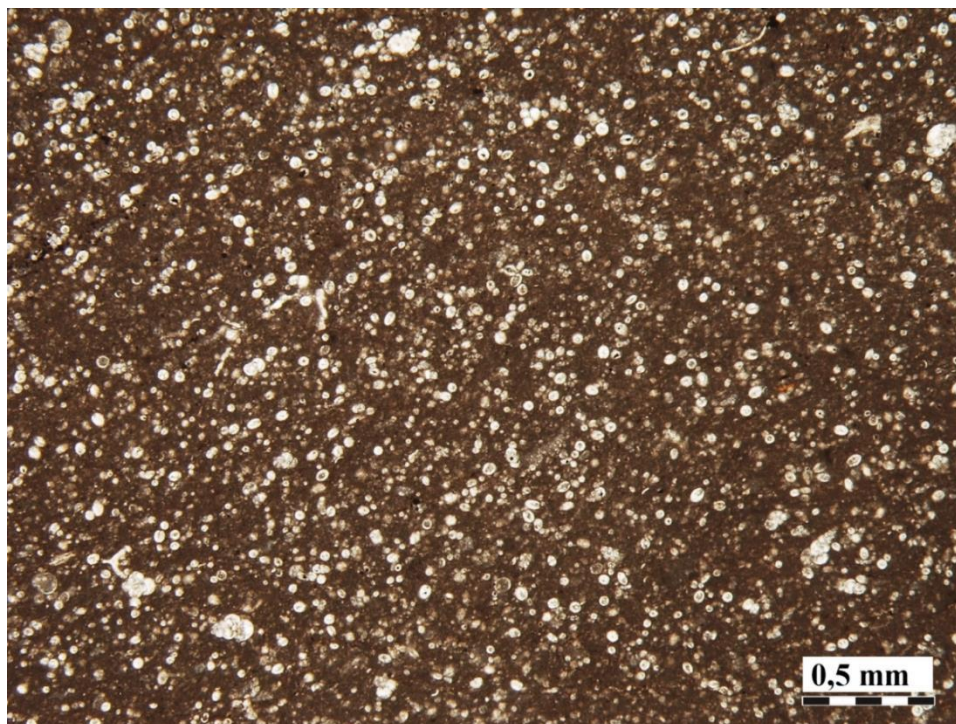
Kalcisfere (vapnenačke ciste dinoflagelata) i planktonske foraminifere predstavljale su brzo prilagodljive vrste te su se vrlo brzo razmnožavale u okolišima potopljene karbonatne platforme (na dubinama od nekoliko desetaka pa do najviše 200 m), što objašnjava njihovu brojnost u ovim naslagama (BRČIĆ, 2015).

Ti događaji su se odrazili i na taloženje naslaga na u to vrijeme već dezintegriranoj Jadranskoj karbonatnoj platformi. Kao posljedica povišenja razine mora došlo je do postupnog preplavlivanja najvećega dijela plitkomorske karbonatne platforme, s okolišima u kojima su taloženi vapnenački sedimenti dubljevodnih pa čak i pučinskih obilježja s mnoštvom kalcisfera i planktonskim foraminiferama (GUŠIĆ & JELASKA, 1990). Istodobno je na pojedinim dijelovima i dalje prevladavala plitkovodna sedimentacija, kao npr. na otoku Krku u području rta Negrit (iz BRČIĆ, 2015), a pojedini njezini dijelovi su krajem cenomana već potpuno emergirani, kao npr. sjeverni dio Cresa (FUČEK et al., 2012, 2015) ili područje današnje sjeverozapadne Istre i Bujske antiklinale na sjeveru Istre (MATIČEC et al., 2017).

Gornjocenomansko–donjoturanski kalciferski vapnenci nalaze se na velikom dijelu istraživana područja: sjeverozapadnom dijelu terena kod Vodica, značajnoj površini središnjega dijela Ćićarije sjeverno od Brgudca, kao i južno od Velih i Malih Muna (PRILOG 1) te na dijelu Mrzljačke sinklinale i antiklinale Planika (lokaliteti i nazivi struktura prema VLAHOVIĆ et al., 1995a). Zbog istodobnosti taloženja i sličnosti s takvim naslagama opisanim na drugim dijelovima Jadranske karbonatne platforme, kalciferski vapnenci Ćićarije nazvani su litostratigrafskom jedinicom Sv. Duh, koja je prvi puta opisana u gornjokrednim naslagama otoka Brača (GUŠIĆ & JELASKA, 1990).

Ove naslage su na istraživanom području najčešće zastupljene gustim, svijetlosmeđim madstonima do madstonima–vekstonima (rjeđe i pekstonima) školjkastoga loma. Vapnenci su pretežito muljne osnove s pelagičkim česticama među kojima dominiraju kalcisfere pitonelomorfna tipa (sl. 5.24), rjeđe globotruncanide i premještene sitnije bentičke foraminifere. Naslage su debljeslojevite do masivne, uglavnom raslojene po stilolitima na svakih 50–90 cm, iako se mjestimice mogu naći i slojevi debeli preko 2 m (također s vidljivom stilolitizacijom). Slojne površine su mjestimice izrazito naglašene, često površine i po nekoliko m<sup>2</sup>.



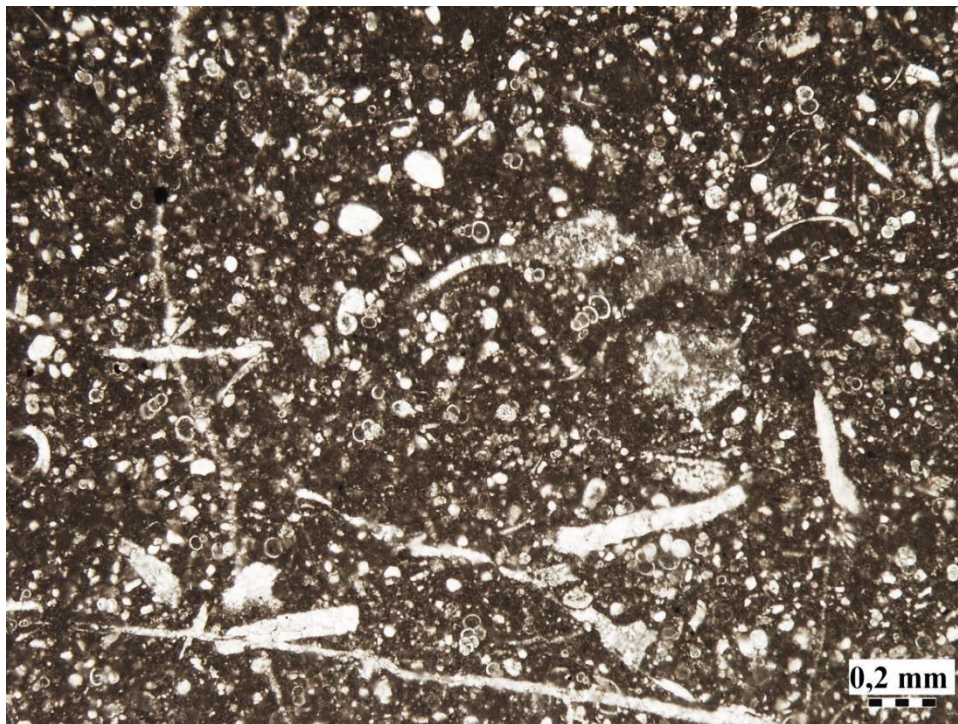


**Slika 5.24.** Mikrofacijes bioklastičnoga vekstona litostratigrafske jedinice Sv. Duh s kalciferulidama pitonelomorfna tipa; uzorak D-90 (45°25'4.1"N, 14°7'8.1"E).

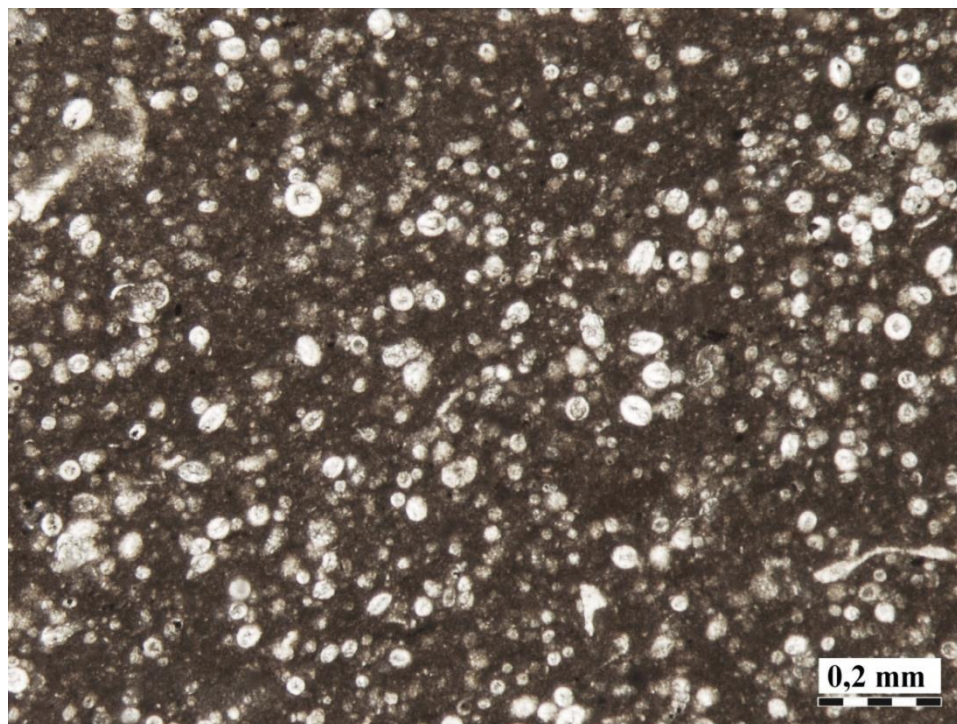
Tijekom novijih geoloških istraživanja Ćićarije u naslagama jedinice Sv. Duh snimljeno je nekoliko detaljnih geoloških stupova, što za potrebe izrade nove OGK RH M 1:50.000, što za izradu doktorskoga rada BRČIĆA (2015). Prilikom detaljnoga snimanja geoloških stupova zapaženo je da u nižem i srednjem dijelu jedinice slijed sadrži i do 2 m debele slojeve laminiranih madstona sa znatnim udjelom organske tvari, što je uočeno na više lokacija, kao što su geološki stupovi i profili Vodice–Jelovica (OGK RH M 1:50.000; BRČIĆ, 2015), Martinjak, Goli breg i Veprinac (BRČIĆ, 2015). Organska tvar u vapnencima potječe uglavnom od ostataka alga, spora, peludi, ali i višega bilja zaostaloga u sedimentu koji je dijagenetski izmijenjen u anoksičnim uvjetima (BRČIĆ, 2015). Manji, neravnomjeran udio kerogena karakterizira i druge dijelove kalciferskih vapnenaca litostratigrafske jedinice Sv. Duh, dok se u gornjem dijelu stupa naslaga nerijetko nalaze i izrazito bioturbirani dijelovi (VLAHOVIĆ et al., 1995a; BRČIĆ, 2015). U nekim dijelovima, najčešće u središnjem i višem dijelu jedinice Sv. Duh, također se mjestimice mogu pronaći laminirani horizonti i laminiti.

Udio kalcisfera u naslagama jedinice Sv. Duh je vrlo neravnomjeran, a pored njih se u nekim dijelovima nalaze i ostrakodi te sitne miliolide, a nerijetko su prisutne i planktonske foraminifere i bioklasti školjkaša, koralja i bodljikaša. U proslojcima se vrlo rijetko nalaze bioklasti koji pripadaju gastropodima ili školjkašima tankih ljušturica (sl. 5.25). Od značajnijih

fosilnih rodova i vrsta u naslagama ove jedinice pronađeni su *Calcisphaerula innominata* BONET, *Pithonella ovalis* (KAUFMANN), *Heterohelix reussi* CUSHMAN, *H. globulosa* (EHRENBERG), *Hedbergella* sp., *Muricohedbergella* sp., *Praeglobotruncana* sp., razne heterohelicide, pitonelomorfne kalcisferulide (sl. 5.26) i dr. Takva mikrofossilna zajednica ukazuje na cenomansko–turonsku starost (VLAHOVIĆ et al., 1995a; BRČIĆ, 2015) te se na osnovu tih podataka i superpozicijskih odnosa može zaključiti da kalciferski vapnenci pripadaju kronostratigrafskom rasponu gornji cenoman–donji turon. Početni, najniži dio naslaga jedinice Sv. Duh je gornjocenomanske starosti, dok veći dio naslaga ove jedinice pripada donjem turonu. Izuzetno je rijetko prisutna i provodna planktonska foraminifera *Helvetoglobotruncana helvetica* (BOLLI) koja je stratigrafskoga raspona donji–srednji turon (BRČIĆ, 2015).



**Slika 5.25.** Mikrofacijes bioklastičnoga vekstona–pekstona litostratigrafske jedinice Sv. Duh s kalcisferulidama, planktonskim foraminiferama te bioklastima bodljikaša; uzorak L-35 (45°27'4.2"N, 14°3'37.5"E).



**Slika 5.26.** Sferični presjeci kalcisfera pitonelomorfna tipa u naslagama jedinice Sv. Duh na Čićariji; uzorak D-90 (45°25'4.1"N, 14°7'8.1"E).

Na osnovu svega navedenog može se pretpostaviti da je okoliš taloženja ovih naslaga bio dublji subtajdal, vjerojatno kao posljedica razmjerno naglog preplavlivanja unutarnjega dijela karbonatne platforme. Općenito gledano, okoliši taloženja naslaga jedinice Sv. Duh definirani su kao dubljemorski okoliši privremeno potopljene karbonatne platforme s različito izraženim utjecajem otvorenoga mora (BRČIĆ, 2015). U slučaju naslaga Sv. Duha na Čićariji, na osnovu nabrojanih alokema i slijeda naslaga, vjerojatno se taloženje odvijalo u vrlo mirnoj sredini umjerene dubine vode (relativno zatvorenoj laguni koja je imala komunikaciju s otvorenim morem) u koju je povremeno unošen materijal iz plićih dijelova, o čemu svjedoče proslojci s plitkim bentosom među kojima ima i rotalidnih foraminifera iz prigrébenskih okoliša te ostaloga sitnijeg bentosa odnosno materijala pretaloženog iz plitkih okoliša. Sve navedeno ukazuje na nešto dublji morski taložni okoliš ovih vapnenaca i povezanost ovoga dijela Jadranske karbonatne platforme s otvorenijim morem tijekom mlađega cenomana i starijega turona.

Najniži i najviši dio naslaga jedinice Sv. Duh obiluje bioklastičnim detritusom koji uglavnom potječe od kršja rudista, tankoljuštunih školjkaša, gastropoda, bentičkih foraminifera i alga (BRČIĆ, 2015). Takav facijes s povećanim udjelom plitkomorskoga materijala ukazuje na postupno produbljavanje taložnih okoliša nakon taloženja plitkovodnih

naslaga jedinice Milna u najnižem dijelu slijeda naslaga jedinice Sv. Duh, odnosno postupno ispunjavanje i oplićavanje bazena u najvišem dijelu slijeda naslaga jedinice Sv. Duh, što je konačno uzrokovalo i prestanak taloženja dubljemorskih naslaga te ponovnu uspostavu plitkomorske sedimentacije.

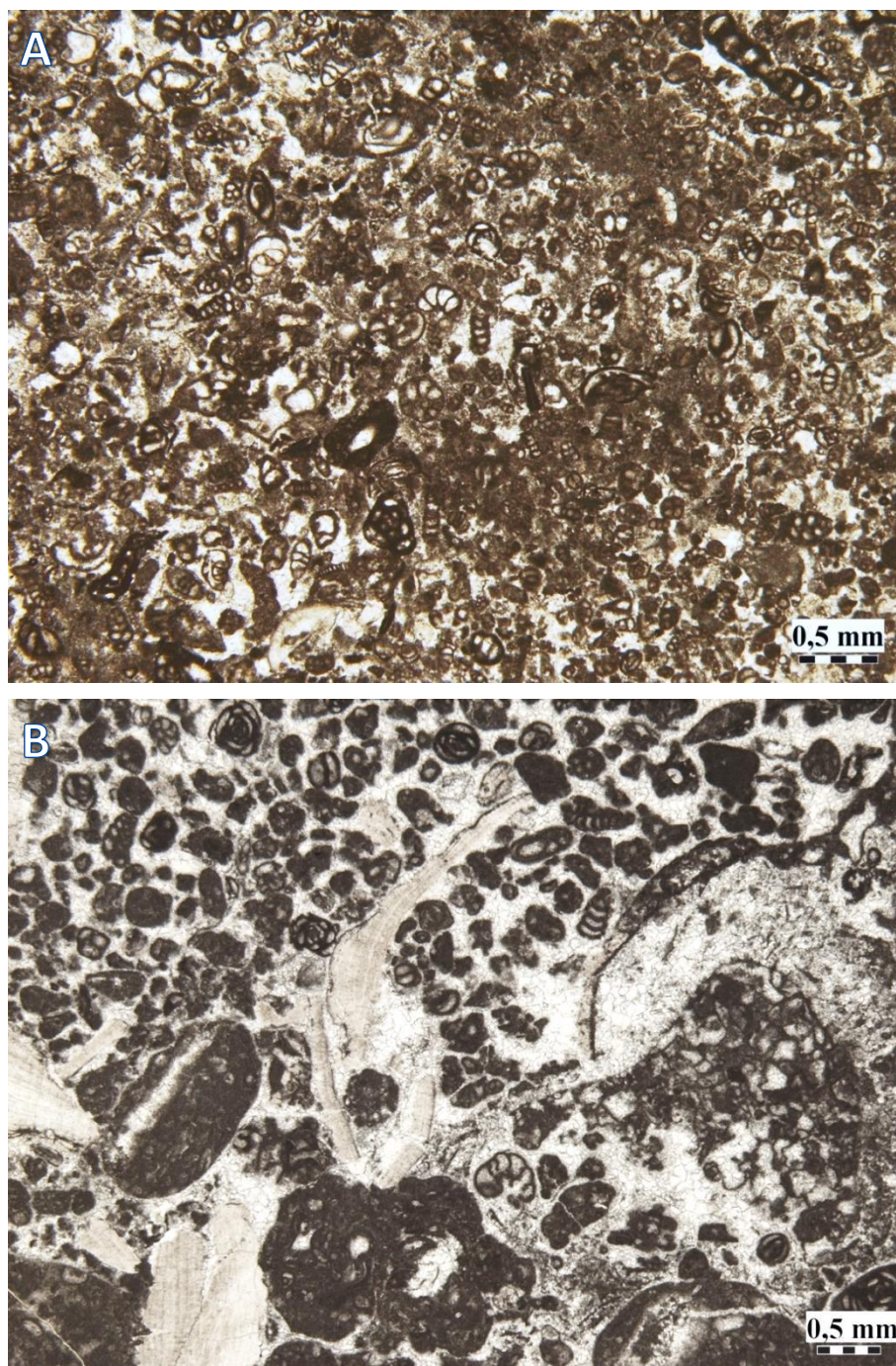
Naslage kalciferskih vapnenaca nisu izrazitije podložne dolomitizaciji osim mjestimice u blizini navlačnih rasjeda i izrazitijih rasjednih zona gdje su nerijetko te naslage i rekristalizirane. Ukupna debljina kalciferskih vapnenaca, prema terenskim podacima prikupljenim tijekom geološkoga kartiranja istraživanoga područja Ćićarije, je oko 130–170 m (najviše do 200 m) (PRILOG 1).

Kalciferski vapnenci na granici između cenomana i turona utvrđeni su i u širem području istočne i južne Istre, Ćićarije, Učke i otoka Cresa. Sinsedimentacijska tektonska aktivnost tijekom cenomana uzrokovala je diferencijaciju paleookoliša, što je rezultiralo lateralno različitim litostratigrafskim razvojem. Najviši dijelovi u to vrijeme nastalih blagih struktura su emergirani i uspostavljeni su kopneni okoliši koji su trajali kroz cijelu mlađu kredu i stariji paleogen (MATIČEC et al., 1996), kao što je već navedeno na lokalitetima sjevernoga dijela Cresa (FUČEK et al., 2012, 2015) te sjeverozapadne i sjeverne Istre, područja današnje Bujske antiklinale (MATIČEC et al., 2017). Ta područja, odnosno dijelove karbonatne platforme nije zahvatilo ni podizanje morske razine početkom turona (GUŠIĆ & JELASKA, 1990, 1993). U nastalim depresijama (tektonskim sinformama) sedimentacija se nastavlja, a navedeno preplavlivanje ima učinak dodatnoga produbljanja taložnog prostora, pa facijes poprima elemente dubljeg mora. Produbljanje taložnoga prostora uočava se kroz postupno smanjenje udjela prigrébenskoga rudistnog materijala i povećanje udjela sitnozrnastoga karbonatnog mulja s planktonskim foraminiferama. Takva dubljemorska/pelagička sedimentacija je trajala vremenski različito, a završila je ponovnim taloženjem prigrébenskoga materijala, odnosno progradacijom sedimentacijskoga prostora, tj. zatrpavanjem bazena. U facijesu zatrpavanja bazena jedinice Sv. Duh, u kojem prevladavaju rudisti i prigrébensko kršje, zbog izrazite rekristalizacije stijena vrlo su rijetki nalazi mikrofosila. Najgornji, vršni dijelovi tih naslaga često imaju crvenkasto-ružičasta obojenja, što upućuje na vjerojatnu emerzijsku fazu prije taloženja paleogenskih foraminiferskih vapnenaca.

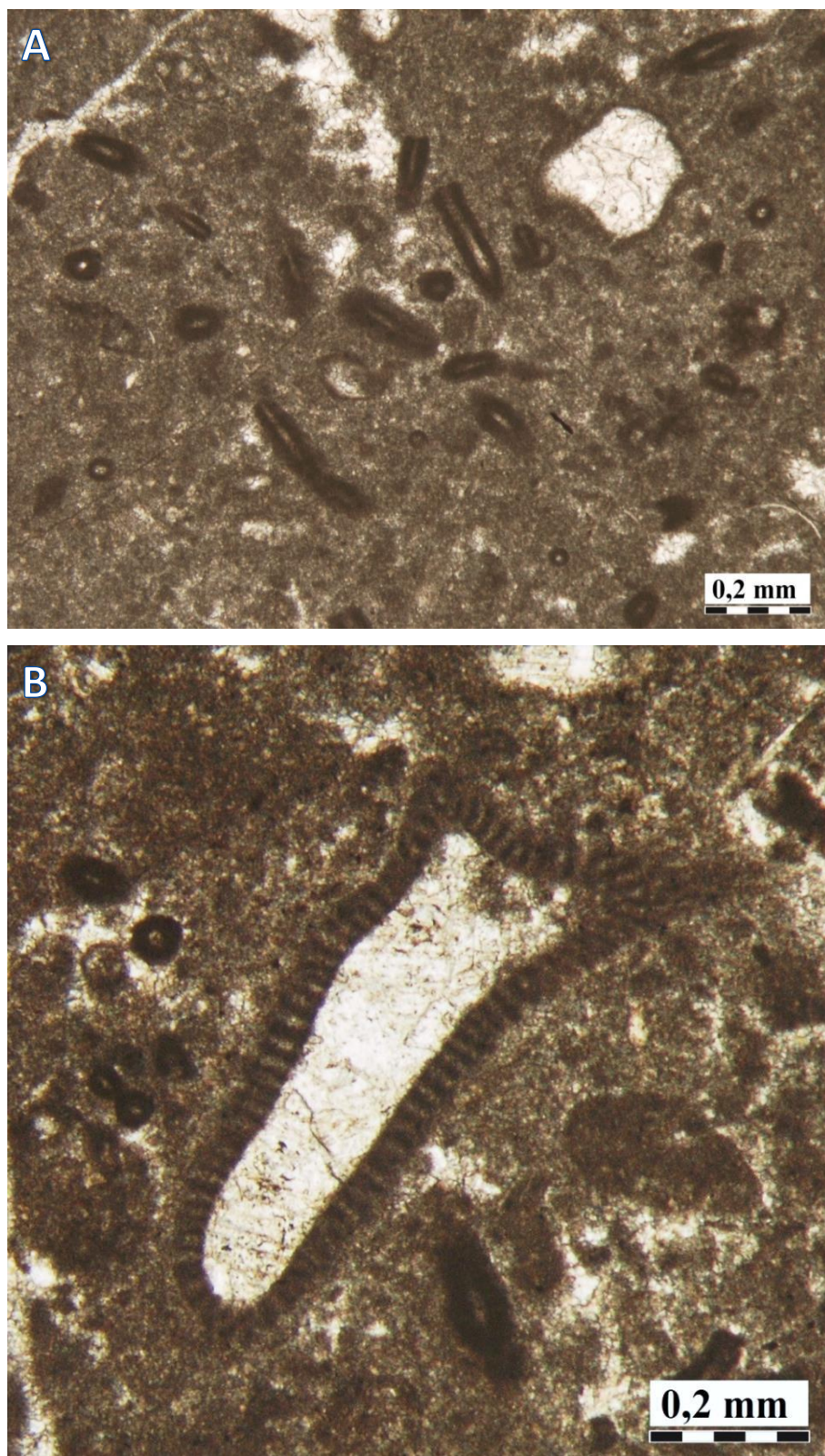
### 5.1.1.2.3. Litostratigrafska jedinica Gornji Humac (GH) – gornji turon–konijak

Naslage gornjoturonsko–konijačke starosti taložene su u normalnom superpozicijskom slijedu na kalcijskim vapnencima litostratigrafske jedinice Sv. Duh. Naslage ove jedinice predstavljaju najmlađe kredne stijene u istraživanom području, a unutar njih se mogu izdvojiti dva facijesno bitno različita litotipa, odnosno varijeteta.

Na sjeverozapadnom dijelu istraživanoga terena, sjeverno, sjeveroistočno te jugozapadno od ceste Vodice–Jelovice (vidi PRILOG 1) predstavljene su tipičnim plitkovodnim razvojem vapnenaca koji se po svojim svojstvima mogu usporediti s naslagama litostratigrafske jedinice Gornji Humac opisanima na otoku Braču (GUŠIĆ & JELASKA, 1990). Ti su vapnenci tanje–do srednjedebelo slojeviti, debljine slojeva najčešće 30–60 cm. Predstavljani su različitim strukturnim tipovima od madstona preko skeletnih vekstona–pekstona (sl. 5.27A), skeletno–bioklastičnih pekstona–floutstona (sl. 5.27B) pa čak i floutstona s promjenjivim udjelima bentičkih foraminifera, alga i rudista te sitnijih neskeletnih čestica. Od fosilnoga sadržaja su prepoznatljive i za ovu jedinicu vrlo karakteristične cijanobakterije dekastroneme (u starijoj literaturi poznate kao eolisakusi) – *Decastronema kotori* (RADOIČIĆ) (sl. 5.28A), taumatoporele – *Thaumatoporella parvovesiculifera* (RAINERI) (sl. 5.28B), kao i foraminifere roda *Scandonea* uz brojne druge manje značajne miliolide i nezazatide. Ovi vapnenci su taloženi u plitkim mirnijim okolišima subtajdala i/ili zaštićene lagune s promjenjivom energijom vode i različitim udjelom rudista, odnosno njihovih fragmenata.



**Slika 5.27.** Mikrofacijesi vapnenaca litostratigrafske jedinice Gornji Humac: A) skeletni vekston–pekston; uzorak ČV-2 (45°30'17"N, 14°1'42.5"E); B) skeletno-bioklastični pekston–floutston s bioklastima i kršjem rudista; uzorak ČV-1 (45°30'19.8"N, 14°1'43.9"E).



**Slika 5.28.** Dekastroneme i taumatoporele iz litostratigrafske jedinice Gornji Humac: A) *Dekastronema kotori* (RADOIČIĆ); B) *Thaumatoporella parvovesiculifera* (RAINERI); obje mikrofotografije iz uzorka ČV-3 (45°30'17"N, 14°1'42.5"E).

Općenito se može reći da je jedinica Gornji Humac od podinske jedinice Sv. Duh odijeljena granicom definiranom pojavom prvih plitkovodnih vapnenaca s dekastronemama unutar kojih više nema pelagičkih čestica, nakon čega slijede izmjene različitih strukturnih tipova vapnenaca taloženih u plitkomorskim okolišima. Ta promjena iz dubljemorskih u izrazito plitkovodne facijese, odnosno obnavljanje taložnih okoliša kakvi su prevladavali tijekom taloženja cenomanskih naslaga jedinice Milna u literaturi se obično pretežito pripisuje globalnim promjenama razine mora, jer je sredinom turona zabilježena globalna regresija (HAQ et al., 1987).

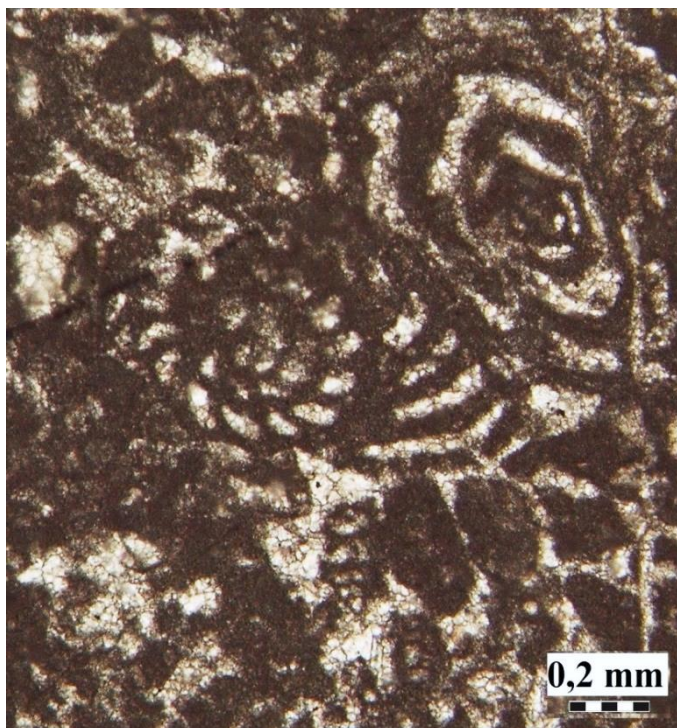
U drugim dijelovima istraživanoga područja, kao i u području sinklinale Mrzljaka i antiklinalne strukture Planika (VLAHOVIĆ et al., 1995a), nalazi se drugi litotip naslaga jedinice Gornji Humac. To su bijeli, mjestimice žućkastobijeli debeloslojeviti do masivni madstoni i rekristalizirani (kristalinični) bioklastični vapnenci s promjenjivim udjelom rudista i rudistnoga kršja. Madstoni su porculanastoga izgleda, mjestimice također više ili manje rekristalizirani, posebice prema gornjem, vršnom dijelu. Ponegdje se u njima nalaze sitne kalupno-skeletne šupljine nejasnoga podrijetla, nepravilni džepovi peloidno-peletnih grejnstona te fenestralna građa.

Mjestimice, primjerice u okolici kamenoloma Planik, naslage ove jedinice sadrže i *in situ* očuvane zajednice rudista, u obliku do 0,5 m debelih biostroma s velikom količinom rudistnoga detritusa. Ovaj litotip vapnenaca nastajao je u nešto zaštićenijim grebenskim i prigrebenskim okolišima, vrlo vjerojatno relativno razvedene morfologije, s tek povremenim utjecajem više energije vode. Takvi rudistni floutstoni–radstoni imaju vrlo promjenjivu debljinu i pojavljivanje kako lateralno, tako i vertikalno zbog migracije i isklinjavanja rudistnih tijela uslijed promjena i migracije facijesa na karbonatnoj platformi. Zbog izrazite rekristaliziranosti vapnenci koji su eksploatirani u danas napuštenom kamenolomu „Planik“ su bili komercijalno nazivani „mramorom“ (MATIČEC et al., 2013).

Od fosilnoga sadržaja u vapnencima ovoga litotipa određeni su rudisti *Distefanella sp.* i *?Hippurites requieni* (d'ORBIGNY), dok su mikrofosili slabije očuvani zbog izrazite rekristaliziranosti vapnenaca. U dijelu nerekrystaliziranih naslaga uz česte miliolide i kuneoline pronađena je razmjerno bogata mikrofosilna zajednica u kojoj su određene cijanobakterija *Decastronema kotori* (RADOIČIĆ) (vidi sl. 5.28A) i alga *Thaumatoporella parvovesiculifera* RAINERI (vidi sl. 5.28B) te bentičke foraminifere *Pseudocyclamina sphaeroidea* GENDROT (sl. 5.29), *Scandonea samnitica* DE CASTRO, *Scandonea sp.*, *Moncharmontia*



*apenninica* (DE CASTRO), *Pseudonummoloculina heimi* (BONET), *Nezzazatinella* cf. *picardi* (HENSON), *Peneroplis* sp. i dr. (dijelom i prema VLAHOVIĆ et al., 1995a).



**Slika 5.29.** Foraminifera *Pseudocyclammia sphaeroidea* GENDROT određena u vapnencima jedinice Gornji Humac; uzorak P-7 (45°27'27.6"N, 14°2'19.3"E).

U stijenama ove jedinice nerijetko je prisutna mrežna stilolitizacija, pri čemu su šavovi ispunjeni crvenim limonitičnim materijalom. Vršni dio naslaga ovoga varijeteta jedinice Gornji Humac je više ili manje intenzivno rekristaliziran i ružičasto obojen, kao posljedica dugotrajne kopnene faze do taloženja paleogenskih naslaga (trajanja najmanje 30 mil. god.). Na samom vrhu mjestimice ima i pukotina ispunjenih boksitičnim materijalom. Temeljnu fizičko-mehaničku značajku kristaliničnih vapnenaca predstavlja njihova neelastičnost i krtost, tako da se čak i dalje od jače tektonski poremećenih područja ove stijene raspucavaju po slabo vidljivim pukotinama i prslinama u romboedrijske komade (VLAHOVIĆ et al., 1995a).

Ukupna debljina kristaliničnih vapnenaca ovoga tipa lateralno varira, kako uslijed postupnoga prijelaza iz podinskih kalciferskih vapnenaca, tako i zbog dugotrajne izloženosti emerziji. Ipak, njihova bi se debljina na temelju terenskih podataka mogla procijeniti na približno 70 do 100 m, dok je ukupna debljina cjelokupne jedinice Gornji Humac vjerojatno i više od 300 m.

Prema literaturnim podacima (JELASKA et al., 1994; KOIĆ, 2000) najmlađe gornjokredne naslage na Ćićariji pripadaju santonu. I u starijoj literaturi (SALOPEK, 1954a, 1954c) je navedeno da je „žučkastobijela ili ružičasta kreda nesumljivo mlada“ i svojom starošću seže u „donji senon“. Ipak, važno je naglasiti da tijekom istraživanja za potrebe ovoga doktorskog rada te za izradu nove OGK RH M 1:50.000 gornjokredne naslage mlade od gornjoturonsko–konijačke starosti na istraživanom području Ćićarije dosad nisu dokazane. Najmlađa potvrđena starost krednih naslaga na Ćićariji ukazuje na moguću konijačku starost, prema nalazu bentičke foraminifere *Siphodinarella costata* (BRČIĆ, 2015). Stoga se na temelju navedene fosilne zajednice te njezine usporedbe s odgovarajućim naslagama iz širega područja Jadranske karbonatne platforme može zaključiti da ove naslage stratigrafski pripadaju gornjem turonu i donjem dijelu konijaka.

Za kraj opisa krednih litostratigrafskih jedinica Ćićarije treba navesti da je u laboratoriju Hrvatskoga geološkog instituta provedeno i određivanje kemijskoga sastava vapnenaca iz svih jedinica raspona starosti od alba do turona–konijaka i rezultati svih uzoraka su pokazali sadržaj  $\text{CaCO}_3$  veći od 99%, tako da je utvrđeno da se tu radi o izuzetno čistim vapnencima (prema VLAHOVIĆ et al., 1995a).

### 5.1.2. Paleogenske naslage

Paleogenske naslage izgrađuju veliki dio istraživanoga terena, odnosno cjelokupni jugozapadni dio Ćićarije, a zauzimaju i velike površine u središnjem dijelu istraživanoga područja (PRILOG 1). Kao što je slučaj i u najvećem dijelu Dinarida, naslage paleogena transgresivno i diskordantno naliježu na različite jedinice gornjokredne starosti (npr. ĆOSOVIĆ et al., 1994), a osobito su važne u području Ćićarijske ljuskave stukture. Unutar paleogena izdvojene su tri neformalne litostratigrafske jedinice: foraminiferski vapnenci, prijelazne naslage i fliš.

#### 5.1.2.1. Eocen

Na istraživanom području izdvojene paleogenske naslage su eocenske starosti, stratigrafskoga raspona od donjega do gornjega eocena.

### 5.1.2.1.1. Foraminiferski vapnenci (FV) – donji–srednji eocen

Unutar slijeda paleogenskih naslaga na istraživanom području svakako su najvažniji foraminiferski vapnenci, s obzirom da zauzimaju veliku površinu u jugozapadnom dijelu istraživanoga terena s izrazitom ljuskavom građom (sl. 5.30A i B; PRILOG 1), ali i kao dio središnjega dijela Ćićarije, odnosno Mrzljačke sinklinale (VLAHOVIĆ et al., 1995a).



**Slika 5.30A i B.** Panoramske slike paleogenskih foraminiferskih vapnenaca kao sastavnih dijelova ljuskave strukture jugozapadnoga dijela Ćićarije.

Temeljnu značajku Ćićarijskoga razvoja foraminiferskih vapnenaca predstavlja vrlo velika vertikalna i lateralna raznolikost facijesa. Tako se primjerice unutar miliolidnih vapnenaca nalaze i proslojci s isključivo alveolinidnim foraminiferama, a mjestimice se pronade i poneki numulit; u alveolinskim vapnencima ima i proslojaka s miliolidama,

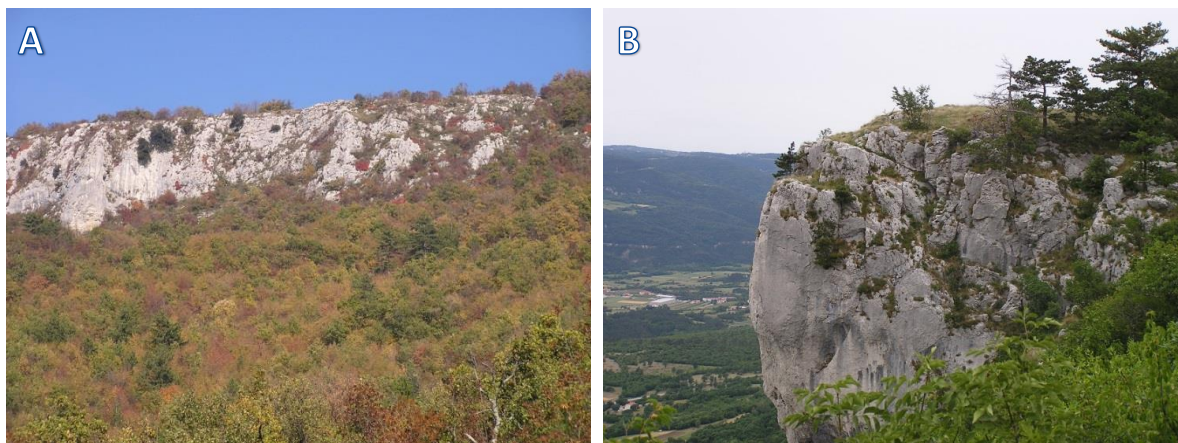
numulitima, a u vršnom dijelu mjestimice čak i većega udjela diskociklinida; u numulitnom vapnencu se mjestimice nađu i miliolide, dok su prosljoci bogati alveolinidama razmjerno česti i sl. Izrazite su i promjene u zastupljenosti i veličini skeletnih zrna unutar naslaga, što je vjerojatno posljedica vrlo razvedenoga reljefa taložnog prostora, tako da je nerijetko dolazilo do miješanja organizama iz različitih ekoloških niša, pri čemu ne treba zaboraviti ni važan utjecaj hidrodinamskih čimbenika na karbonatnoj rampi.

S obzirom na fosilni sadržaj među foraminiferskim vapnencima je, po stratigrafskom slijedu, uobičajena podjela na miliolidne, alveolinske i numulitne vapnence, pri čemu je vršni dio numulitnih vapnenaca ponegdje izdvojen u diskociklinske odnosno ortofragmidne vapnence (npr. ČOSOVIĆ & DROBNE, 1995; ČOSOVIĆ et al., 2004). Debljine pojedinih paketa mogu znatno varirati, s obzirom da promjene okoliša koje su rezultirale taloženjem navedenih različitih tipova vapnenaca nisu bile samo posljedica generalnoga povišenja relativne morske razine nego i lokalnih uvjeta u taložnom prostoru (u prvom redu morfologije dna i hidrodinamskih uvjeta, što je dodatno naglašavalo primarne razlike).

U istraženim razvojima paleogenskih foraminiferskih vapnenaca najčešće su glavne skupine bentičkih foraminifera pomiješane u najrazličitijim omjerima a mjestimice poneke skupine mogu i u potpunosti izostati. S obzirom na to, tijekom geološkoga kartiranja na području Ćićarije nije bilo moguće izdvajati pojedine pakete, već su na novoj OGK RH M 1:50.000 izdvojeni samo foraminiferski vapnenci kao jedinstvena neformalna litostratigrafska jedinica. Međutim, budući da je ipak utvrđen generalni trend postupnoga produbljanja facijesa i odgovarajućih fosilnih zajednica, prilikom kartiranja su na temelju toga otkrivena moguća ponavljanja, odnosno ljuskanja naslaga.

Jedno od empiričkih pravila, koje se pokazalo vrlo važnim tijekom kartiranja za odvajanje pojedinih horizonata foraminiferskih vapnenaca, je predstavljala veličina jedinki. Miliolide su najkrupnije i najčešće upravo u miliolidnom vapnencu, alveolinide u alveolinskom vapnencu, numuliti u numulitnom, a diskociklinide u diskociklinskom vapnencu. Objašnjenje te pojave je također vezano za ekološke uvjete koji su u određenom razdoblju prevladavali na nekom području. Isto tako, terensko iskustvo je pokazalo da su orbitolitesi, kao često prisutne foraminifere u foraminiferskim vapnencima, najčešći u višem dijelu alveolinskoga vapnenca i nižem dijelu numulitnoga vapnenca, ali da ih ima i u drugim zajednicama. Zbog svega navedenog i boljeg razumijevanja slijeda naslaga u nastavku je prikazan kratak opis pojedinih paketa ili razina unutar foraminiferskih vapnenaca.

Što se morfologije terena tiče, pogotovo u jugozapadnome dijelu Ćićarije, treba napomenuti i to da nisu svi reverzni rasjedi unutar paleogenskih naslaga morfološki izraženi tzv. „stepeničastim“ reljefom (sl. 5.31A i B) koji je karakterističan samo kad dolazi do navlačenja po klastičnim naslagama koje se nalaze u krovini foraminiferskih vapnenaca (prijelazne naslage, manjim dijelom i fliš). U slučaju navlačenja unutar pojedinih paketa foraminiferskih vapnenaca najčešće nema posebnoga morfološkog odraza u reljefu i takvi reverzni kontakti su teško vidljivi, ponekad i nezamjetljivi.

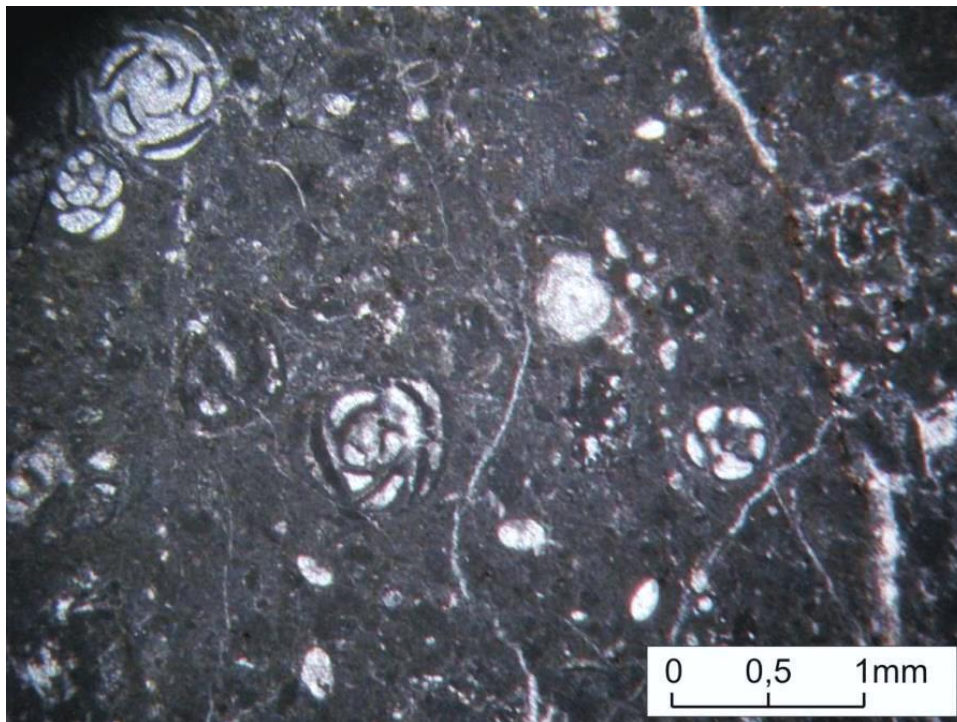


**Slika 5.31A i B.** Primjeri morfološki istaknutih čeonih dijelova ljsuka foraminiferskih vapnenaca, koje se odražavaju kao stepenice u reljefu. JZ dio istraživanoga područja: A) šira okolica lokaliteta Škrbina; B) lokalitet SI od Ročkog polja.

Za potrebe izrade ovoga rada nije provedena detaljna stratigrafska analiza i raščlamba foraminiferskih vapnenaca, kao što je to bio slučaj s krednim naslagama. Uzorkovanje je obavljeno tijekom geološkoga kartiranja paleogenskih ljsuka jugozapadnoga dijela istraživanoga područja u svrhu dokazivanja prisutnosti svih stratigrafskih razina, odnosno kompletnoga slijeda foraminiferskih vapnenaca unutar pojedinih ljsuka. Stoga prilikom prikupljanja uzoraka stijena iz jedinice foraminiferski vapnenci nisu uzimane ni točne koordinate lokaliteta uzorkovanja. No, bez obzira na prisutnost svih paketa foraminiferskih vapnenaca unutar ljskave strukture JZ dijela istraživanoga područja, kao što je već ranije u tekstu navedeno, oni nisu izdvajani zasebno kao članovi unutar litostratigrafske jedinice jer to nije bilo moguće. Drugim riječima, pojedini paketi naslaga unutar foraminiferskih vapnenaca nisu kartirabilni, pogotovo ne za geološku kartu mjerila 1:50.000 koja je prikazana u ovom radu (PRILOG 1).

## Miliolidni vapnenci

Miliolidni vapnenci zauzimaju razmjerno mali dio površine terena. Nalaze se u nekoliko ljusaka na jugozapadnom dijelu terena te u uskoj zoni u središnjem dijelu Ćićarije unutar Mrzljačke antiklinale (prema VLAHOVIĆ et al., 1995a). To su pretežito tamnosmeđi, mjestimice čak i crni bituminozni madstoni, madstoni/vekstoni i vekstoni s miliolidama (sl. 5.32). U nižem dijelu se mjestimice nalaze i proslojci s većim udjelom ljušturica gastropoda, u središnjem dijelu se nalazi interval sa svijetlosmeđim madstonima s miliolidama, ostrakodima i haracejama, a pri vrhu se, vrlo rijetko, nalaze i proslojci sa školjkašima. Slojevitost ovih vapnenaca je ponegdje slabo vidljiva, a mjestimice jasno vidljiva, uglavnom kao slojevi debljine 30–50 cm.



**Slika 5.32.** Mikrofacijes miliolidnoga vekstona. Uzorak iz paleogenskih ljusaka jugozapadnoga dijela istraživanog područja.

U području Mrzljaka vidljiv je njihov kontakt s krednim naslagama: na paleokarstificiranom, razmjerno blagom reljefu crvenkasto obojenoga kristaliničnog vapnenca nalaze se tanke prevlake crvenoga boksitičnog materijala, a na njima tamnosmeđi do gotovo crni, bituminozni miliolidni vapnenci, koji nerijetko sadrže značajan udio miliolida i sporadične orbitolite, a vrlo često i bioklaste školjkaša te nekih drugih organizama (prema VLAHOVIĆ et al., 1995a).

Mikrofacijesna analiza miliolidnih vapnenaca upućuje na vrlo promjenjive taložne okoliše, pretežito lagune s niskom energijom vode, ali i vidljivim miješanjem bioklasta koji su podrijetlom iz okoliša povišene energije vode. Takav bi karbonatni talog mogao biti posljedica oscilirajuće transgresije na prilično neravnu, karstificiranu gornjokrednu podlogu. U prilog takvoj odredbi okoliša ide i mjestimice izrazit utjecaj pučinskih okoliša tijekom naglijih transgresivnih impulsa i uspostave neposredne komunikacije s otvorenijim morem (VLAHOVIĆ et al., 1995a).

Ukupna debljina miliolidnih vapnenaca je prilično varijabilna, s obzirom da su oni taloženi prigodom početne paleogenske oscilirajuće transgresije preko krednoga kopna koje je bilo izloženo dugotrajnim emerzijskim uvjetima i zato morfološki razvedeno. Drugi razlog velike varijabilnosti debljine predstavljaju vrlo promjenjivi hidrodinamski uvjeti u taložnom prostoru, što je dodatno uzrokovalo diferencijaciju okoliša taloženja na malim udaljenostima. Stoga su ove naslage znatno deblje u područjima nekadašnjih depresija u paleoreljefu (gdje im je debljina i preko 50 m), dok su u području Mrzljačke sinklinale debele svega nekoliko metara (prema VLAHOVIĆ et al., 1995a).

U susjednoj Sloveniji, sjeverozapadno od istraživana područja Čićarije, na geološkoj karti sjevernoga dijela „Tršćansko–Komenskog platoa 1:25.000“ i pripadajućem tumaču (JURKOVŠEK, 2008, 2009), miliolidni vapnenci nisu izdvajani zasebno nego su svrstani u donji dio „Trsteljske formacije“. U gornjem dijelu te formacije slijedi „koraljno–algalni vapnenac“, litofacijes kakvoga nema u krovini miliolidnoga vapnenca na istraženom dijelu Čićarije.

### Alveolinski vapnenci

Alveolinski vapnenci zauzimaju najveći dio terena pokrivenog foraminiferskim vapnencima, kako u području ljuskave strukture, tako i u Mrzljačkoj sinklinali (prema VLAHOVIĆ et al., 1995a). To su sivi, tamnosivi do svijetlosmeđi i smeđi bioklastični vekstoni/pekstoni (sl. 5.33) i pekstoni do floutstoni s promjenjivim udjelom alveolina, uz koje se u nižem dijelu nalaze miliolide, a u višem numuliti. Također se nalazi i promjenjiv udio asilina i orbitolitesa te kršje bodljikaša i raznih mekušaca. Općenito je moguće pratiti trend postupnoga smanjivanja udjela miliolida i povećanja udjela numulita u slijedu prema mlađim naslagama, ali uz brojne iznimke. Boja naslaga varira, kao i količina foraminiferskih skeleta u pretežito bioklastičnom matriksu.



**Slika 5.33.** Mikrofacijes alveolinskoga vekston/pekstona. Na slici su osim alveolina vidljivi i numuliti, miliolide te drugi plitkovodni paleogenski bentos. Uzorak iz paleogenskih ljustaka jugozapadnoga dijela istraživanog područja.

Okoliš taloženja alveolinskih vapnenaca je najvjerojatnije bio subtajdal otvorenijega tipa, odnosno karbonatna rampa s relativno sporom sedimentacijom (VLAHOVIĆ et al., 1995a). Ponegdje se unutar naslaga nalaze i nepravilni slojevi intraklastično-bioklastičnih grejnstona, koji vjerojatno predstavljaju ostatke plitkomorskih karbonatnih pješćanih prudova.

Ukupna debljina alveolinskih vapnenaca varira, ali bi se, na temelju podataka dobivenih tijekom geološkoga kartiranja mogla procijeniti na približno 80–100 m.

### Numulitni vapnenci

Numulitni vapnenci se nalaze u normalnom slijedu na alveolinskima, od kojih se razlikuju po dominaciji numulita nakon prijelazne zone koja je nerijetko predstavljena gustim stilolitiziranim sivosmeđkastim madstonima s pojedinačnim numulitima. To su smeđi do tamnosmeđi bioklastični vekstoni/pekstoni, pekstoni (sl. 5.34) i pekstoni/grejnstoni s promjenjivim udjelom numulita, ali i drugih bentičkih foraminifera, pogotovo asilina i alveolina, a nađu se i fragmenti raznih molusaka i bodljikaša.





**Slika 5.34.** Mikrofacijes numulitnoga pekstona. Na slici su osim numulita i alveoline, orbitolitesi te drugi plitkovodni paleogenski bentos. Uzorak iz paleogenskih ljsaka jugozapadnoga dijela istraživanog područja.

Okoliš taloženja numulitnih vapnenaca najvjerojatnije je predstavljao nešto dublji subtajdal karbonatne rampe s izrazitim utjecajem oluja, o čemu svjedoče i na terenu vidljive teksture humčaste slojevitosti u najmlađem dijelu numulitnih vapnenaca, kao i horizonti tempestitski premještenih skeleta numulita i drugih bentičkih organizama. Na osnovu toga se može zaključiti da se taloženje najvjerojatnije odvijalo između valne osnovice lijepa vremena i valne osnovice olujna vremena (VLAHOVIĆ et al., 1995a).

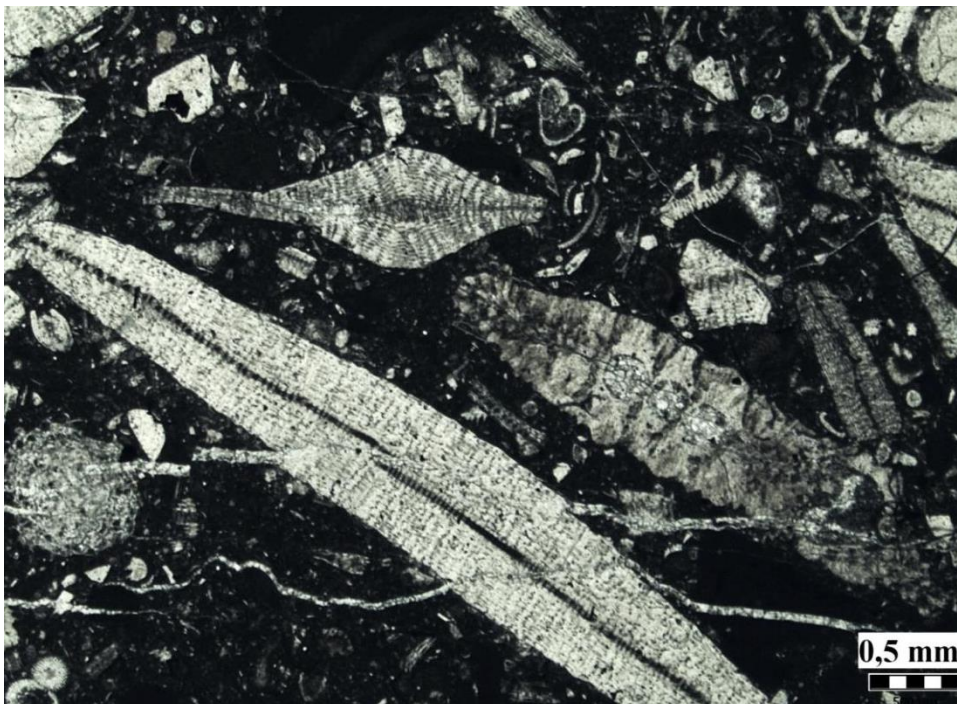
Prijelaz u krovinske naslage je vrlo karakterističan: u naslagama se postupno nalazi sve više diskociklinida, dok se količina numulita smanjuje. Vršni dio numulitnoga vapnenca mjestimice sadrži nekoliko metara debele slojeve asilinskih tempestita, tj. asilinskih grejnstona, u kojima se mjestimice vide i relikti nepravilnih humčastih tijela (najvjerojatnije amalgamirani intervali s humčastom kosom slojevitošću). Zbog povećanoga udjela asilina u samom vrhu numulitnih vapnenaca u susjednom zapadnom dijelu Istre taj dio naslaga se ponegdje izdvaja i kao „asilinski vapnenac“ (MATIČEC et al., 2013).

Ukupna debljina numulitnih vapnenaca je 30–50 m, a mjestimice moguće i više.

## Diskociklinski vapnenci

Diskociklinski vapnenci slijede u normalnoj superpoziciji na numulitnim vapnencima, od kojih se razlikuju po fosilnom sadržaju i razmjerno čestim zrnima glaukonita.

Ove naslage se nalaze razmjerno rijetko, obično u najvišim dijelovima ljustaka, odnosno u neposrednoj podini sljedeće ljuske foraminiferskih vapnenaca. To su sivi do plavkastosivi, u zoni trošenja obično smeđi, vrlo sitnozrnasti bioklastično-peloidni pekstoni s rijetkim fragmentima tankih skeleta diskociklinida i još rjeđim bioklastima numulitida (sl. 5.35) u kojima se nalaze sporadični presjeci rakovica i razmjerno brojna zrnca glaukonita veličine 0,5 do 1 mm. Mikroskopski izbrusci potvrdili su i prisutnost planktonskih foraminifera iz skupina globigerina i globotrunkana, ali i fragmenata školjkaša i ježinaca. Udio foraminiferskih bioklasta naviše opada, a glaukonitnih zrna postupno raste, što stijeni mjestimice daje zelenkastu boju. Unutar slijeda ovih vapnenaca vidljiva je vrlo jasna gradacija, kako kroz smanjivanje veličine zrna dobrosortirane osnovne mase, tako i kroz smanjivanje udjela i veličine krupnijih klasta u naslagama.



**Slika 5.35.** Mikrofacijes diskociklinskoga vekston/pekstona. Uzorak iz paleogenskih ljustaka jugozapadnoga dijela istraživanog područja.

Okoliš taloženja diskociklinskih vapnenaca vjerojatno je bila karbonatna rampa (ĆOSOVIĆ et al., 2004), ali prisutnost glaukonita nerijetko upućuje na razmjerno veću dubinu

(obično se govori o dubini od više od 100 m). Glaukonit ukazuje i na to da je temperatura vode vjerojatno bila nešto niža, a sedimentacija spora (VLAHOVIĆ et al., 1995a).

Prijelaz u krovinske naslage je vrlo oštar, a na terenu se zapaža po prestanku pojavljivanja izdanaka (s obzirom da su prijelazne naslage gotovo u potpunosti prekrivene tлом i vegetacijom).

Ukupna debljina diskociklinskih vapnenaca iznosi 20 do 30 m, a mjestimice je moguće i nešto veća.

Za kraj opisa litostratigrafske jedinice foraminiferski vapnenci treba navesti da je kemijska analiza njihovoga sastava, koja je napravljena u laboratoriju Hrvatskoga geološkog instituta, dala rezultate o tek neznatno manjem postotku  $\text{CaCO}_3$  od onoga u krednim vapnencima (od 95% do preko 99%), tako da se i tu radi o čistim i vrlo čistim vapnencima, dok su nešto niži rezultati postotka  $\text{CaCO}_3$  dobiveni samo u diskociklinskim vapnencima, od 88% do više od 99% (VLAHOVIĆ et al., 1995a).

#### 5.1.2.1.2. Prijelazne naslage (PN) – srednji eocen

Ove naslage slijede kontinuirano na foraminiferskim vapnencima i predstavljaju stijene taložene tijekom produbljavanja paleogenskoga bazena, a prije početka taloženja flišnih naslaga. Prijelazne naslage se sastoje od slojeva s rakovicama i globigerinskih lapora koji prevladavaju na istraživanome dijelu. To su plavkastosivi do sivi (sl. 5.36), na trošenim izdancima zelenkastosmeđi lapori. Lapori su često prožeti vrlo nepravilnim sustavima pukotina ispunjenih kalcitom.



**Slika 5.36.** Globigerinski lapori kao dio prijelaznih naslaga u zasjeku ceste Buzet–Vodice. Lokacija: 45°26'16.9"N, 13°58'22.8"E.

Lapori s globigerinama sadrže tanke proslojke pješčenjaka koji se sastoje od gusto zbijenih karbonatnih kućica organizama, velikih foraminifera, sitnijih fragmenata litotamnija, mahovnjaka i ježinaca, dok u laporima koji sadrže do 55%  $\text{CaCO}_3$  ima i nešto pirita, malo glaukonita, sulfata, anhidrita, barita, te vrlo malo granata i cirkona u vapnenačkom detritusu (iz MATIČEC et al., 2013). Trošenje im je iverasto, često i nodularno. Lapori obiluju vapnenačkim planktonom, osobito globigerinidama i globorotalijama među kojima se ističu: *Globigerina conglomerata* SCHWAGER, *G. eocena* GÜMBEL, *G. venezuelana* HEDBERG, *G. frontosa* SUBBOTINA, *Acarinina bullbrooki* BOLLI, *A. triplex* SUBBOTINA, *A. rotundimarginata* SUBBOTINA, *Globigerapsis kugleri* BOLLI, *G. index* FINLAY, *Globorotalia (Truncorotaloides) topilensis* (CUSHMAN), *Hantkenina liebusi* SHOKHINA, *H. lehneri* CUSHMAN & JARVIS, *Globorotalia spinulosa* CUSHMAN i dr. (MATIČEC et al., 2013).

U nižem dijelu slijeda prijelaznih naslaga nalaze se slojevi s rakovicama veličine do 5 cm, a debljina toga dijela slijeda je do 5 m. Ove su naslage na terenu uglavnom pokrivene, izuzevši u bolje otvorenim jarcima, zasjecima putova cesta ili ogoljelim padinama.

Ukupna debljina prijelaznih naslaga varira, a obično je oko 40–60 m, mada je moguće da je ta debljina ponegdje i veća (moguće i preko 100 m, prema nekim bušotinskim podacima i usmenom priopćenju kolega Georga Kocha i Stanislava Berganta koji se detaljnije bave problematikom paleogenskih naslaga Istre i područja Krških Dinarida).

Treba navesti i da neki autori pod pojmom „prijelazne naslage“ podrazumijevaju samo naslage koje označavaju „fazu prijelaza“, odnosno produbljavanja iz razmjerno plitkomorskoga u dubokomorski okoliš taloženja. Prema takvom se kriteriju ovdje opisane globigerinske lapore, koji imaju sve karakteristike dubokomorskih sedimenata, ne smatra „pravim“ prijelaznim naslagama (npr. JURAČIĆ, 1980).

#### 5.1.2.1.3. Fliš (FL) – srednji–gornji eocen

Pod pojmom fliš podrazumijevaju se naslage nastale gravitacijskim tečenjem i taloženjem hidroplastične terigene suspenzije u obliku mutnoga toka na podmorskoj padini gravitacijskim kretanjem čestica u mediju niz padinu, uz gravitacijsku separaciju i taloženje. Rezultat ovakvoga mehanizma taloženja je poznata graduirana sedimentacija u obliku tzv. Bouma-sekvencije turbidita (BOUMA, 1962) izgrađene od intervala T<sub>a</sub>, T<sub>b</sub>, T<sub>c</sub>, T<sub>d</sub> i T<sub>e</sub>. Fliš se može taložiti i u znatno manjim dubinama ispod valne baze olujna vremena, ali s obzirom da se u području Istre nalazi debeo slijed fliša jasno je da su te naslage nastale u dubokomorskom okolišu u kojem je bilo moguće taloženje dovoljno debeloga slijeda očuvanog od erozije u kasnijim geološkim razdobljima (MARINČIĆ, 1992).

Prave flišne naslage su u istraživanom području Ćićarije prilično rijetke. Izuzevši istraživani rubni dio Pazinskoga bazena (sl. 5.37), samo su na nekoliko lokaliteta unutar paleogenske ljuskave strukture jugozapadnoga dijela Ćićarije utvrđeni prvi kalkarenitni intervali (kao početak flišne serije) u kontinuiranom slijedu na podinskim prijelaznim naslagama. Zbog intenzivne kompresijske tektonike i mehaničko-fizičkih karakteristika fliša kao plastične (nekompetentne) stijene, naslage fliša i u sjeveroistočnom rubnom dijelu Pazinskoga bazena (koje su u kontaktu s paleogenkim ljuskama Ćićarije) i one unutar ljuskave strukture Ćićarije nerijetko su intenzivno borane (sl. 5.38).



**Slika 5.37.** Izdanci flišnih naslaga u zasjeku ceste Buzet–Pengari (područje Pazinskoga flišnog bazena). Lokacija: 45°23'41.1"N, 13°58'30.4"E.



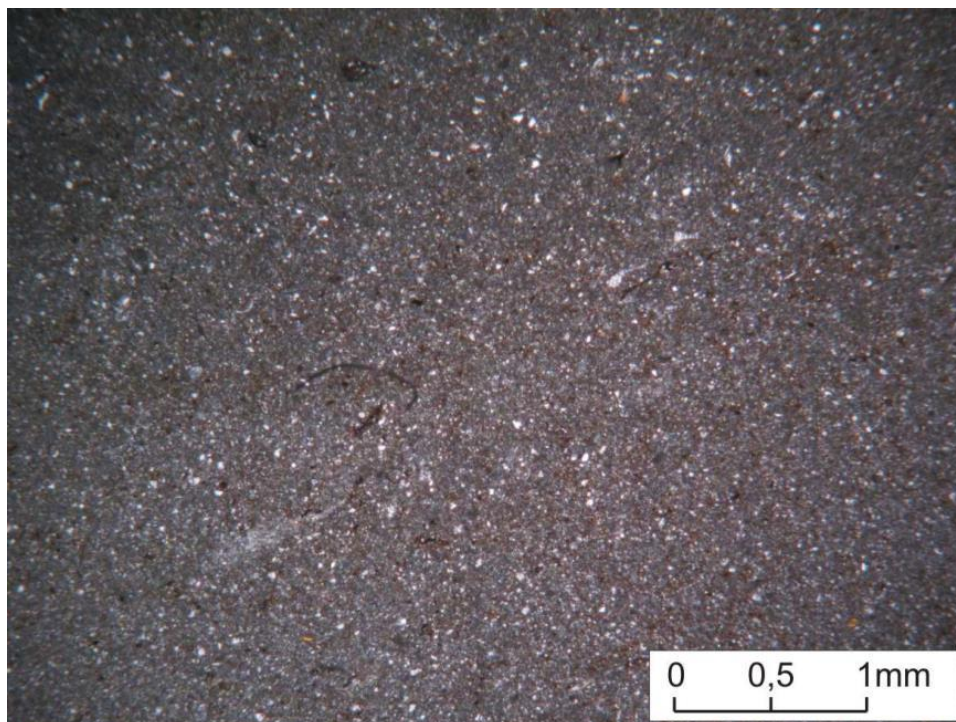
**Slika 5.38.** Borane flišne naslaga unutar Ćičarijske paleogenske ljuskave strukture u zasjeku građevinskog objekta u selu Hlaji. Lokacija: 45°24'11.4"N, 14°2'15.7"E.

U flišnim naslagama istraživanoga područja Ćičarije pretežu lapori, budući da se tu radi uglavnom o distalnom tipu turbidita (prema uobičajenoj kategorizaciji flišnih naslaga po kojoj

se razlikuju proksimalni i distalni, odnosno padinski i bazenski tip). Ti lapori su dosta slični onima iz prijelaznih naslaga, a s njima se izmjenjuju proslojci karbonatnih pješčenjaka (kalkarenita). Upravo je zbog sličnosti tih naslaga, te podjednakoj pokrivenosti terena izgrađenoj od obje jedinice, na terenu vrlo teško postaviti točnu granicu između njih. Naime, prvu pojavu fliša potvrđuje tek nalaz pravih turbiditnih sekvencija, tj. njihovih nižih, kalkarenitnih intervala, što je na dijelovima terena na Čićariji izgrađenima od flišnih naslaga, koji su uglavnom pokriveni, relativno blage morfologije i bez jasnijih izdanaka, uglavnom teško sa sigurnošću utvrditi.

Zbog sličnih geomehaničkih svojstava, plastičnosti i nekompetentnosti, važno je napomenuti da se i u strukturnom smislu prijelazne laporovite naslage i naslage fliša, odnosno lapori iz baze fliša, ponašaju vrlo slično, kao nekompetentni slojevi, odnosno kao dobra podloga za reverzno rasjedanje i navlačenje krovinskih kompetentnih karbonatnih stijena.

Lapori (sl. 5.39) su najzastupljeniji litotip u slijedu flišnih naslaga istraživanoga područja. Sadrže 23–77%  $\text{CaCO}_3$  koji je uglavnom biogenoga podrijetla. Ovisno o udjelu pelitnoga siliciklastičnog materijala i postotku  $\text{CaCO}_3$  razlikuju se kalcitične gline, glinoviti lapori, lapori, kalcitom bogati lapori i rjeđe glinoviti vapnenci. Općenito, lapori su zelenkastosive ili sivoplave boje, a trošenjem postaju žućkasti i/ili sivi. Obiluju dobro očuvanom zajednicom planktonskih foraminifera, unutar koje su određene *Turborotalia centralis* CUSHMAN & BERMUDEZ, *Globorotalia spinulosa* CUSHMAN, *Truncorotaloides rohri* BRONNIMANN & BERMUDEZ i *Hantkenina alabamensis* CUSHMAN, globigeropsisi i dr., ali se nalaze i bentičke foraminifere iz skupina lagenida, dentalinida, nodosarida, anomalinida, buliminida i dr. Od teških minerala u laporima su utvrđeni klorit, biotit, granat, epidot, glaukofan, cirkon i turmalin. Debljina pojedinih intervala lapora jako varira i može iznositi od 10-ak centimetara do više od 50 m (dijelom iz MATIČEC et al., 2013).



**Slika 5.39.** Mikrofotografija lapora iz flišnih naslaga SI područja Pazinskoga flišnog bazena.

Pješčenjaci iz flišnih naslaga po sastavu najviše odgovaraju tipu kvarckalkarenita i rjeđe kvarckalksilita, a sastoje se od siliciklastičnih i karbonatnih zrna. Uglavnom su sitnozrnasti s karbonatnim vezivom, a boja im je zelenkastosiva do smeđa, pri čemu kod trošnih naslaga prelazi u sivkastu, smeđkastu i žućkastu. Vrlo su kompaktni zbog kalcitičnog veziva. Karbonatna zrna se sastoje od fragmenata transportiranih bentičkih foraminifera i vjerojatno alga, a od ostalih čestica nalaze se subangularna zrnca kvarca, rjeđe feldspata, rožnjaka i listićavih minerala (muskovita, biotita, klorita). Od teških minerala prevladavaju granati i cirkoni, turmalin i rutil, a pojavljuju se još i kromit, kloritoid, epidot i staurolit, te često autigeni glaukonit i pirit. Od sedimentnih tekstura uočeni su tragovi tečenja, otiranja, vrtloženja i tragovi jačih turbiditnih strujanja. Mjestimice su u sitnozrnastim pješčenjacima vidljive horizontalna, kosa i valovita slojevitost, kao i tragovi plaženja i bioglifi. Od mikrofosila prevladavaju aglutinirane bentičke foraminifere kao što su *Cyclamina amplexans* GRZYBOWSKI, *Ammodiscus latus* GRZYBOWSKI, *A. incertus* (d'ORBIGNY), zatim *Glomospira charoides* (JONES & PARKER), *Haplophragmoides walteri* (GRZYBOWSKI), *Rhabdamina eoacaenica* CUSHMAN & HANNA, *Plectina dalmatina* NUTTALL, *Marsonella* sp. i dr., a od planktonskih foraminifera brojne vrste rodova globigerina i globorotalia (dijelom iz MATIČEC et al., 2013).



Proslojci pješčenjaka u flišu vrlo su bitni s obzirom da markiraju slojevitost, a samim time i druge strukturne elemente (posebice sekundarne bore malih amplituda u blizini rasjeda). Ti proslojci, rjeđe i slojevi pješčenjaka su debljine od 1 do 5 cm, a izuzetno i preko 80 cm. Donja slojna površina pješčenjačkih proslojaka je uglavnom erozijska u obliku kanala, a vidljiva je i normalna gradacija: na dnu se obično nalaze krupna, pretežito karbonatna zrna (uglavnom slomljeni skeleti alveolina, numulita i diskociklina), a prema gore je vidljiv postupan prijelaz u dobrosortirani sitnozrnasti kalkarenit.

U području ljuskave strukture Čičarije nigdje nema debljega slijeda fliša, nego se tek mjestimice nalazi nekoliko početnih slojeva pješčenjaka u izmjeni s laporima, i to uglavnom kod najjugozapadnijih ljustaka. Dalje prema sjeveroistoku na površini više nema flišnih naslaga osim uskoga pojasa u okolici naselja Rašpor i Račja Vas, budući da većina ljustaka završava prijelaznim naslagama, prije prvih kalkarenitnih slojeva (PRILOG 1).

Budući da razvoj fliša u Pazinskom bazenu ne odgovara tipskom razvoju fliša u Alpama, ŠIKIĆ (1965) je koristio naziv flišolike naslage, odnosno flišolika serija. Opravdanost uporabe tog naziva autor je obrazložio gotovo isključivo karbonatnim sastavom naslaga, mnoštvom pretaloženih fosila, lateralnim promjenama u debljinama slojeva, uglavnom horizontalnim i neporemećenim položajem slojeva, te lokalnim, a ne regionalnim rasprostranjenjem te vrste naslaga. Iako takvi eocenski klastiti po svojim obilježjima ne odgovaraju tipskim naslagama fliša u Alpama, ipak imaju neka obilježja fliša kao što su ritmičko izmjenjivanje lapora sa šljunkovito–pješkovito–siltoznim proslojcima, izražena gradacija zrna, oštar kontakt pješčenjaka s laporima u podini te pojave tipičnih sedimentnih tekstura i bioglifa. Naslage su obilježene obiljem fosila i lateralno promjenjivim debljinama slojeva (MATIČEC et al., 2013).

Ukupna debljina flišnih naslaga procjenjuje se na 400–600 m, najviše do 650 m (ŠIKIĆ et al., 1972, 1975), ali ti se podaci odnose na područje Pazinskoga bazena koje samo svojim rubnim sjeveroistočnim dijelom pripada području istraživanja ovoga rada.

### **5.1.3. Kasnodijagenetski dolomiti (KDD)**

Kasnodijagenetski dolomiti (KDD) se nalaze u nepravilnim zonama, koje uglavnom markiraju tektonski jače poremećena područja. Njihovo je pojavljivanje znatno uvjetovano izvornim značajkama matične stijene, a postanak im je već djelomično objašnjen kod opisivanja albskih i gornjoalbsko–donjocenomanskih naslaga (litostratigrafskih jedinica Crna i Sis). Izvorno su to

pretežito bili vapnenci, a njihova podložnost kasnodijagenetskoj dolomitizaciji ovisila je o nizu čimbenika, u prvom redu izrazitoj cirkulaciji otopina obogaćenih magnezijem, što ovisi o stupnju raspucanosti stijene ali i izvorištu suviška magnezija. Kasnodijagenetska dolomitizacija ovisi i o dubini zalijeganja i sastavu, odnosno izvornom kemizmu stijene koja je dolomitizirana. Pojave kasnodijagenetskih dolomita na istraženom području Ćićarije najviše su vezane, osim uz litostratigrafske jedinice Crna i Sis, za jedinicu Milna (vidi PRILOG 1).

Kasnodijagenetski dolomiti, zajedno s vapnenačko–dolomitnim brečama s prijelaza iz donje u gornju kredu (tzv. alb–cenomanske breče) predstavljaju djelomično nepropusnu barijeru za podzemne vode u kršu Ćićarije. Takvi izvori na dolomitima i dolomitnim brečama nalaze se kod naselja Vele i Male Mune te Dana.

#### **5.1.4. Tektogene breče**

Pod tektogenim brečama podrazumijevaju se breče nastale *in situ* trošenjem matičnih stijena bilo koje starosti uslijed vrlo izrazite tektonske raspucanosti stijena. Takve su breče zapunjavale izrazito duboke, penetrativne i zjapeće subvertikalne pukotine u kataklaziranim vapnencima. Te pukotine predstavljaju cijeli niz pukotina iz zone osne ravnine otvorenih prigodom navlačenja i boranja naslaga. U slučaju Ćićarije to su kaotične naslage najčešće izgrađene od slabo do čvrsto vezanih uglastih fragmenata cenomanskih naslaga (često *fitted-fabric*), odnosno kataklaziranih cenomanskih vapnenaca. Veličina fragmenata je dosta varijabilna, ima ih od milimetarskih do blokova metarskih dimenzija. Matriks najčešće predstavlja kameno 'brašno' (usitnjeni stijenski materijal), a može biti dolomitičan, mjestimice limonitičan, ili su pak šupljine ispunjene kalcitnim cementom crvenkaste boje. Zbog relativno malih pojava na površini terena, tektogene breče nije bilo moguće zasebno izdvajati, ali je njihovo pojavljivanje izuzetno važno u strukturnom pogledu jer uglavnom markiraju tektonski vrlo izrazito poremećene zone.

#### **5.1.5. Kvartar (kvartarne naslage)**

Kvartarne naslage na području Ćićarije zauzimaju razmjerno malu površinu, najčešće kao površinom manje, izolirane pojave neznatnih debljina. Njihovo površinsko prostiranje, a obično i njihova debljina uglavnom nisu dovoljno značajni da bi se mogle izdvajati na geološkoj karti

M 1:50.000. Od kvartarnih naslaga izdvojenih na geološkoj karti (PRILOG 1), može se reći da su one najzastupljenije u poljima u široj okolici mjesta Lanišće i Prapoće (sl. 5.40). Iako su to najmlađe naslage najčešće nije moguće sa sigurnošću potvrditi njihovu isključivo kvartarnu starost, Kvarterne su naslage vrlo različitoga podrijetla, a izdvojene su kao zemlja crvenica (*terra rossa*), sipari te slabo vezane siparišne breče.



**Slika 5.40.** Panoramska slika dijela Ćićarije s pogledom na selo Lanišće (u pozadini se vidi i selo Podgaće) i polje prekriveno kvartarnim naslagama.

#### 5.1.5.1. Zemlja crvenica – *terra rossa*

Od kvartarnih naslaga najveću površinu zauzima zemlja crvenica (*terra rossa*) koja predstavlja rastresiti, nevezani pokrivač koji prekriva karbonatnu podlogu. Crvenica je različite debljine, ovisno o mjestu akumulacije. Najčešće ta debljina iznosi 0,5–1 m, a najdeblje pojave od nekoliko metara do vjerojatno 10-ak m (iznimno moguće i deblje), koje su izdvojene na geološkoj karti zabilježene su u većim krškim poljima ili na dnu većih vrtača krškoga reljefa Ćićarije. U poljima je zemlja crvenica gotovo uvijek pomiješana s kršjem stijena kao deluvijalno-proluvijalnim materijalom nastalim površinskim trošenjem i spiranjem te bujičnim tokovima s okolnih padina.

Zemlja crvenica je karakteristična za krško područje Dinarida. Ona je dobrim dijelom rezultat intenzivnoga kemijskog trošenja karbonatnih stijena pod utjecajem oborinske vode, koje je započelo nakon potpune emerzije krajem eocena ili početkom oligocena. Nakon intenzivne erozije mlađih paleogenskih naslaga, kredna karbonatna podloga je bila ponovno

podvrgnuta intenzivnoj denudaciji u kojoj dominira hidrokemijsko trošenje vapnenca. Zemlja crvenica, kao pretežito netopivi talog hidrokemijskoga trošenja karbonatnih stijena, bila je u znatnijoj mjeri snažana u obližnje udubine u krškom reljefu, a dijelom je površinskim tokovima transportirana na veće udaljenosti ili je odnašana kroz ponore u podzemlje.

Pored navedenoga procesa za nastajanje i taloženje crvenice vrlo su važni i drugi egzogeni čimbenici – vjetar (eolska djelatnost) i površinske tekućice. Novija znanstvena istraživanja vezana za nastajanje i taloženje crvenice ukazuju na njezino poligenetsko podrijetlo, pri čemu se smatra da je nastajala kroz duže vremensko razdoblje u uvjetima tople i uglavnom vlažne klime (DURN et al., 1999, 2007; DURN, 2003). Prema tome, može se zaključiti da zemlja crvenica nipošto nije isključivo kvartarne starosti.

Crvenica je u suhom stanju praškasta i vjetar je lako raznosi. Navlažena postaje plastična i nepropusna te se zahvaljujući tome u vrtačama i drugim udolinama prekrivenim crvenicom oborinska voda mjestimice zadržava i duže vrijeme tvoreći lokve. Pošto dugo zadržava vlagu zemlja crvenica je izvrsna kao obradivo tlo, te na njoj dobro uspijevaju razne poljoprivredne kulture, kao npr. na obrađenom polju kod sela Lanišće (sl. 5.40).

#### 5.1.5.2. Sipari

Sipari su nevezane naslage kolvijalnoga podrijetla čija debljina varira od nekoliko metara do 10 m (vrlo rijetko i više), a nalaze se na padinama Ćićarije izgrađenim od karbonatnih stijena. Njihova pojava je najčešće vezana za zone izrazitije tektonske aktivnosti, a vrlo često imaju ljevkašti oblik. Litološki sastav fragmenata je varijabilan, a ovisi o vrsti stijena koje predstavljaju izvorište materijala. Ti ulomci stijena variraju veličinom i oblikom, uglavnom su uglasti, a u uvjetima u kojima su bili transportirani stalnim vodenim tokovima i/ili bujičnjacima fragmenti su poluzaobljeni. Takav se nevezani siparišni materijal nalazi na vapnenačkim padinama, a često prekriva i kontakt vapnenaca i klastita (uglavnom lapora), odnosno reverzne i navlačne kontakte stijena različitih mehaničkih svojstava.

#### 5.1.5.3. Slabo vezane siparišne breče

Slabo vezane siparišne breče sadrže slabo, mjestimice i nešto jače vezan kaotičan padinski materijal ispred čela navlaka, odnosno kršje i blokove stijena nastalih lomljenjem i

gravitacijskim urušavanjem karbonatnih stijena sa strmijih i viših dijelova istraživanoga područja. Između fragmenata se kao vezivo pretežito nalazi polulitificirano tlo ili je matriks karbonatni, tj. kalcitni (speleotemskoga tipa, crvenkastosmeđkaste boje). Klasti su vrlo različite veličine, od centimetarske do blokova promjera više metara, i različitoga stupnja zaobljenosti, iako pretežu uglasti fragmenti. Takve su naslage potpuno kaotične, kako po slaboj sortiranosti (iako je mjestimice vidljivo smanjivanje veličine zrna udaljavanjem od izvorišta), tako i po potpunoj pomiješanosti klasta koji pripadaju različitim litostratigrafskim jedinicama. Debljina ovih naslaga značajno varira, s obzirom da su nastale zapunjavanjem udubina reljefa, tako da se na mjestimice vidljivim izdancima vidi da je debljina 2–5 m, ponegdje i preko 10 m (npr. kod Lanišća), a u nekim vrtačama bi mogla biti i veća.

Geneza tih naslaga je često vezana za navlačne kontakte, gdje je velika količina stijenskoga materijala intenzivno kataklazirana. Takav je materijal gravitacijski transportiran u niža područja, pri čemu su vjerojatno značajan udio imali i povremeni bujični tokovi, posebice u područjima gdje je podloga navlačnoga kontakta nepropusna (primjerice područjima s laporovitim naslagama). Stoga bi se ove naslage mogle nazvati deluvijalno–proluvijalnim.

Zbog svoje razmjerno male debljine i ograničenoga rasprostiranja na površini istraživanoga terena, ali i međusobne bočne izmjene, litostratigrafske jedinice sipari i slabo vezane siparišne breče nisu izdvajane svaka posebno, već su na geološkoj karti izdvojene zajedno kao jedna jedinica (PRILOG 1).

Za kraj pregleda geološke građe, odnosno opisa litostratigrafskih jedinica koje izgrađuju Ćićariju još jednom treba napomenuti da su detaljne biostratigrafske i sedimentološke analize u okviru definiranja litostratigrafskih jedinica značajne iz više razloga. Jasno definiranje pojedinih jedinica, njihov razvoj i položaj u stupu naslaga koje izgrađuju neko područje pomaže nam u rekonstrukciji paleogeografije prostora, tj. paleogeografskih odnosa tijekom taloženja tih naslaga. Usporedba opisanih neformalnih litostratigrafskih jedinica istraživanoga područja Ćićarije s istodobnim naslagama opisanima u okolnom području su vrlo važne pri rekonstrukciji paleogeografskih odnosa tijekom taloženja na SZ dijelu nekadašnje Jadranske karbonatne platforme. Isto tako, jasno odvojene litostratigrafske jedinice i njihov prostorni položaj na istraživanom području te njihov međusobni odnos definiran na geološkoj karti su od nezamjenjive pomoći pri analizama strukturnoga sklopa i kinematike pojedinih tektonskih ciklusa zaslužnih za današnji izgled terena, odnosno pri pokušaju rekonstrukcije tektogeneze ovoga područja. O samoj paleogeografiji i tektogenezi ovoga i susjednih područja bit će više riječi u poglavlju Rasprava.

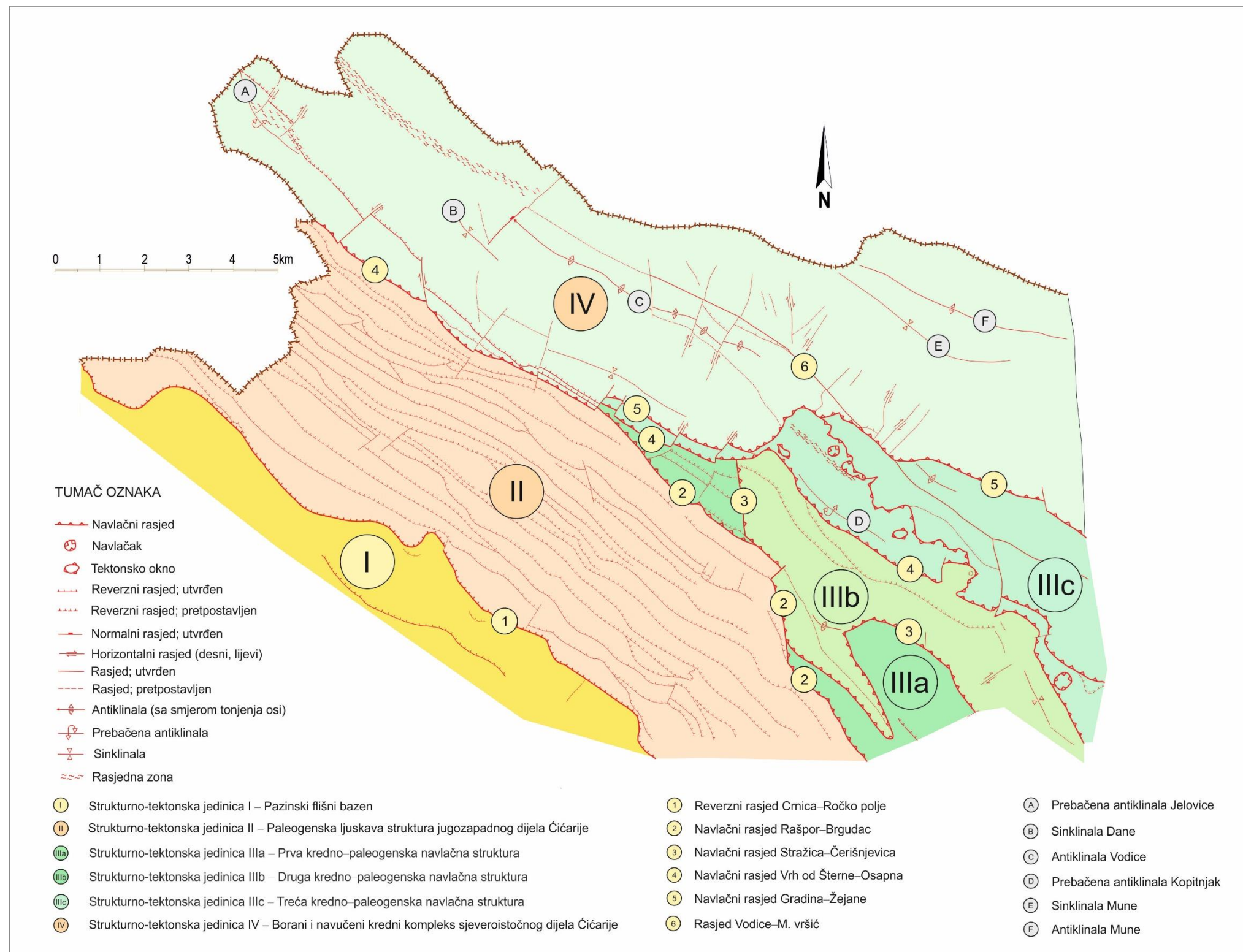
## 5.2. REZULTATI STRUKTURNIH ISTRAŽIVANJA I STRUKTURNO-TEKTONSKA INTERPRETACIJA ISTRAŽIVANOGA PODRUČJA

Istraživano područje Ćićarije može se, s obzirom na geološku građu i strukturne značajke utvrđene tijekom rada na novoj geološkoj karti M 1:50.000 (PRILOG 1), podijeliti na šest manjih lokalnih strukturno-tektonskih jedinica. One su međusobno odvojene značajnim reverznim rasjedima i navlakama regionalnoga značenja. Svi granični rasjedi su u ovome radu imenovani prema toponimima s karte, a isto su tako imenovane i značajnije borane strukture unutar pojedinih strukturno-tektonskih jedinica (sl. 5.41).

Unutar pojedine strukturno-tektonske jedinice analizirani su svi mjereni podaci strukturnih elemenata prikupljeni tijekom terenskih istraživanja (vidi PRILOG 3). Mjereni strukturni elementi su uključivali orijentacije položaja slojeva, pukotina i pukotinskih sustava (setova pukotina), osi bora te rasjeda. Na pojedinim lokalitetima i profilima, koji su odabrani tijekom rekognosciranja, geološkoga kartiranja ili reambulacije terena i izdvojeni kao reprezentativni, provedena su i dodatna strukturna istraživanja koja su uključivala detaljna terenska mjerenja svih dostupnih strukturnih elemenata. Mjerenim strukturnim elementima orijentacija je iskazana smjerom i kutom nagiba ravnina (ploha). Kod rasjeda i smičnih pukotina kod kojih je na plohama zabilježen trag kretanja u obliku strija, osim smjera i kuta nagiba ploha mjerena je i kut  $\alpha$ -lineacije smičnih indikatora te je, ako je to bilo moguće, određen i karakter pomaka. Rezultati prikupljenih terenskih mjerenja prikazani su na strukturnim dijagramima u stereografskoj projekciji na donjoj polukugli. Strukturni dijagrami orijentacije položaja slojeva, pukotina i pukotinskih sustava prikazani su pomoću računalnih programa Stereonet (ALLMENDINGER et al., 2012; CARDOZO & ALLMENDINGER, 2013) i FaultKinWin – FaultKin 7 (MARRETT & ALLMENDINGER, 1990; ALLMENDINGER et al., 2012). Slojevi su prikazani na dijagramima kao tragovi ravnina, dok su pukotine i pukotinski sustavi prikazani na konturnim dijagramima. Mjereni rasjedi su prema kinematskoj kompatibilnosti i kinematičkim kriterijima prvo razvrstani u tri glavne skupine s obzirom na relativni karakter kretanja rasjednih krila (reverzne, normalne i rasjede s horizontalnim pomakom – engl. *strike-slip*), a s obzirom na orijentacije njihovih ploha i smjer tektonskoga transporta podijeljeni su u podgrupe. Svi rasjedi, odnosno sve podgrupe rasjeda analizirane su pomoću računalnoga programa TectonicsFP (ORTNER et al., 2002). Koristeći metodu P–T osi (TURNER, 1953; MARRETT & ALLMENDINGER, 1990) izračunate su najveća ( $\sigma_1$ ), srednja ( $\sigma_2$ ) i najmanja os naprezanja ( $\sigma_3$ ), dok su pomoću računske metode pravih diedara (ANGELIER & MECHLER, 1977) utvrđeni sintetički fokalni (žarišni) mehanizmi za analizirane segmente rasjeda, tj.

paleosintetički fokalni mehanizmi kao predstavnici polja paleonaprezanja. S obzirom da računalni program TectonicsFP kod unosa podataka zahtijeva unos orijentacije strija (ls), a ne brojčano iskazane kutove a-lineacije, kao predradnju za unos podataka bilo je potrebno napraviti izračun orijentacije strija (ls) iz terenski mjerenih kutova a-lineacije. Za taj izračun korišten je računalni program Win-Tensor (DELVAUX & SPERNER, 2003, DELVAUX, 2012).

Ukupno je na istraživanom području analizirano i na strukturnim dijagramima prikazano više od 1.300 orijentacija položaja slojeva, više od 500 orijentacija pukotina i pukotinskih sustava te više od 160 orijentacija rasjeda s izmjerenim kutom a-lineacije i određenim karakterom kretanja.



**Slika 5.41.** Strukturna karta sjeveroistočnoga dijela Pazinskoga flišnog bazena i istraživanoga područja središnje Čičarije s podjelom na struktarno-tektonske jedinice.



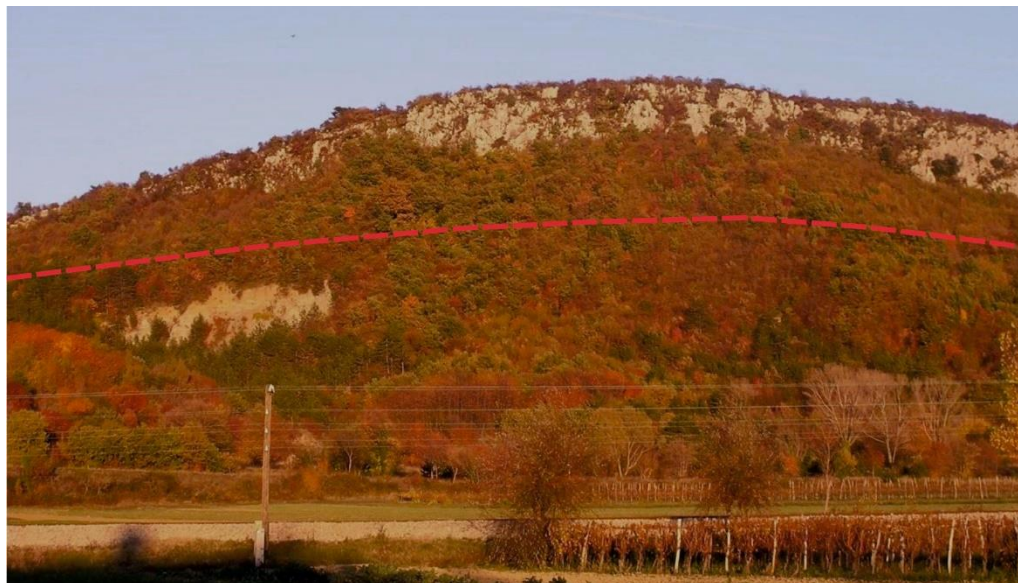
### 5.2.1. Strukturno-tektonska jedinica I – Pazinski flišni bazen

Strukturno-tektonska jedinica I – Pazinski flišni bazen zahvaća krajnji jugozapadni dio istraživana područja (sl. 5.41), odnosno sjeveroistočni dio Pazinskoga flišnog bazena koji se širi dalje prema jugozapadu (izvan granica područja istraživanja). Izgrađena je od paleogenskih naslaga neformalnih litostratigrafskih jedinica foraminiferski vapnenci (FV) donjega i srednjega eocena, prijelaznih naslaga (PN) srednjega eocena te fliša (FL) srednjega i gornjega eocena (PRILOG 1). Jedinica FV je isključivo karbonatna, dok su jedinice PN i FL izgrađene od klastičnih naslaga, što je razlog značajnim razlikama u kompetentnosti materijala tih jedinica. Dok se vapnenci jedinice FV ponašaju kao krti, kompetentni materijali, naslage jedinica PN i FL su pretežito nekompetentne te sklone plastičnim deformacijama. Tako su u strukturno-tektonskoj jedinici I u odnosu na ostale strukturno-tektonske jedinice puno zastupljenije borane strukture malih dimenzija, najčešće decimetarsko–metarsko–dekametarskih valnih duljina (sl. 5.42) te u odnosu na njih razmjerno velikih amplituda. Radi se uglavnom o izoklinalnim, zbijenim i zatvorenim borama s međukrilnim kutovima raspona 0–70°. U strukturno-tektonskim jedinicama IIIa, IIIb, IIIc i IV izgrađenim od kompetentnijih karbonatnih naslaga bore su blage, puno većih dimenzija, hektometarskih i kilometarskih valnih duljina i razmjerno malih amplituda, o čemu će više riječi biti kasnije.



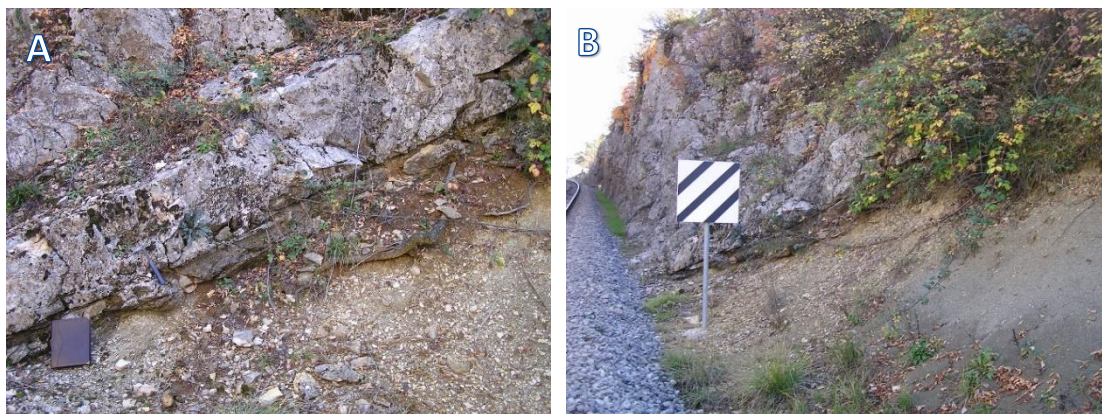
**Slika 5.42.** Bore u naslagama fliša u zasjeku ceste Roč–Krkuž (lokacija: 45°23'32.4"N, 14°3'56.0"E).

Strukturno-tektonska jedinica I je prema sjeveroistoku odvojena od Strukturno-tektonske jedinice II regionalnim **reverznim rasjedom Crnica–Ročko polje** (sl. 5.41 i 5.43).



**Slika 5.43.** Pogled iz Ročkoga polja prema sjeveroistoku prema regionalnom **reverznom rasjedu Crnica–Ročko polje** (označenom crvenom crtkanom linijom) i čeonom dijelu prve Ćičarijske ljuske. Na slici dolje lijevo ogoljeli, erodirani dio padine s vidljivim izdancima fliša.

Taj rasjed je vrlo značajan jer od njega prema sjeveroistoku započinje karakteristična paleogenska ljuskava struktura Ćičarije. Strukturno-tektonske jedinice I i II se naizgled ne razlikuju puno jer su izgrađene od istih paleogenских litostratigrafskih jedinica (FV, PN i FL), a sličan im je i tektonski stil (reverzni rasjedi pružanja sjeverozapad–jugoistok s jugozapadnom vergencijom, tj. tektonskim transportom prema jugozapadu, duž kojih su naslage jedinice FV reverzno izdignute na mlađi dio jedinice FV ili na jedinice PN ili FL – sl. 5.41, PRILOG 1). Navedene strukturno-tektonske jedinice su ipak zasebno izdvojene jer od graničnog **reverznog rasjeda Crnica–Ročko polje** prema sjeveroistoku započinje izrazita ljuskava struktura obilježena reverznim rasjedima karbonatnih naslaga FV-a na klastične naslage PN-a i FL-a, ili reverznim ponavljanjima unutar samoga slijeda naslaga FV-a, dok su unutar strukturno-tektonske jedinice I također utvrđeni reverzni rasjedi obilježeni izdizanjem karbonata na klastične naslage (FV na PN ili FL), ali su oni puno rjeđi i nemaju obilježje sustavnoga višestrukog ponavljanja, tj. ljuskanja (npr. sl. 5.44A i B).



**Slika 5.44A i B.** Reverzni kontakt te navlačenje foraminiferskih vapnenaca na naslage fliša (R=55/24) u zasjeku pruge nedaleko od željezničke stanice Hum u Istri (lokacija: 45°20'41.7"N, 14°4'37.7"E), južno od Ročkoga polja. Ovaj se lokalitet nalazi u Pazinskom flišnom bazenu, ali nešto južnije (vidi PRILOG 3), izvan područja istraživanja prikazanog na geološkoj karti (PRILOG 1).

Značajne se razlike između tih jedinica vide i u geološkoj građi. Naime, unutar strukturno-tektonske jedinice I puno su zastupljenije klastične naslage PN i FL koje zauzimaju široku zonu (sl. 5.41, PRILOG 1), dok su u strukturno-tektonskoj jedinici II naslage PN na površini terena zastupljene isključivo u vrlo uskim pojascima u gornjim dijelovima pojedinih ljusaka gdje su služile kao podatna plastična podloga za navlačenje sljedećega paketa FV-a (sljedeće ljuske). I naslage jedinice FL su u strukturno-tektonskoj jedinici II znatno rjeđe, prisutne su tek izuzetno, s vrlo uskim površinskim pojavljivanjem u zonama širine od svega nekoliko m do nekoliko desetaka m. Zbog svega navedenoga strukturno-tektonska jedinica I je svrstana u rubno područje Pazinskoga flišnog bazena pa je stoga tako i nazvana.

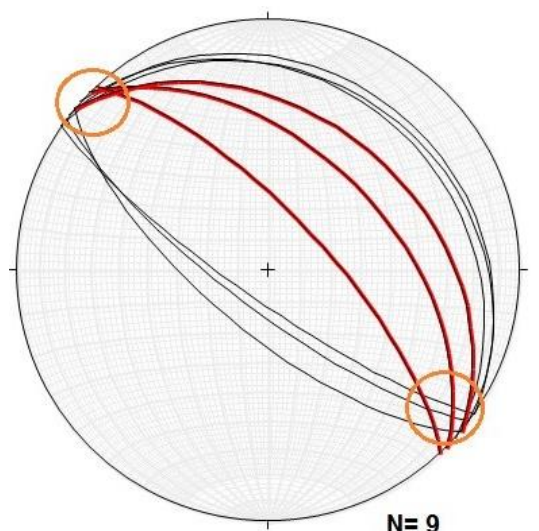
Kao primjer karakterističnoga lokaliteta na kojem su provedene detaljnije strukturne analize i interpretacije unutar strukturno-tektonske jedinice I izdvojena je točka na kojoj je vidljiv reverzni, odnosno navlačni kontakt paleogenskih foraminiferskih vapnenaca na cesti za Brgad, istočno od Buzeta (sl. 5.45). Na tom je lokalitetu vidljiva izvrsno sačuvana ljuska s cjelovitom strukturom bore u fronti navlačenja. Ova točka je prikazana i na JZ dijelu profila D–D' (PRILOG 2). Po strukturnoj građi, odnosno kinematici nastanka, ovakvi reverzni, odnosno navlačni kontakti naslaga litostratigrafske jedinice FV na naslage FL-a identični su onima iz strukturno-tektonske jedinice II (Paleogenske ljuskave strukture jugozapadnoga dijela Ćićarije). Očuvanje cjelovite strukture bore u fronti navlačenja je razmjerno rijetko na području strukturno-tektonske jedinice II s obzirom da su tamo frontalni (čeoni) dijelovi ljusaka–navlaka uglavnom raspucani, erodirani, ili pak odlomljeni i gravitacijski spušteni niz padinu. Pritom je važno

da se podinske klastične naslage lapora i fliša (litostratigrafskih jedinica PN i FL) ponašaju plastično, nekompetentno u odnosu na kompetentne karbonatne naslage jedinice FV i na taj način se omogućuje navlačenje foraminiferskih vapnenaca na lapore prijelaznih naslaga i fliš, kao što je slučaj na ovom lokalitetu. Naglašena plastičnost takvih klastičnih naslaga ima za posljedicu da samo nekoliko gornjih, vršnih metara u podini svakoga navlačnog kontakta na sebe preuzima potpunu deformaciju izazvanu navlačenjem i time amortizira utjecaj tektonike na dublje naslage u podini. U dijelu neposrednog kontakta flišne naslage su intenzivno borane (bore Z-tipa), dok se u podinskom dijelu boranost naslaga postupno smanjuje i potpuno izostaje. Tako je već na dubini od 10–15 m ispod kontakta fliš u neporemećenom stanju, kao što je to vidljivo i na skici (sl. 5.46).



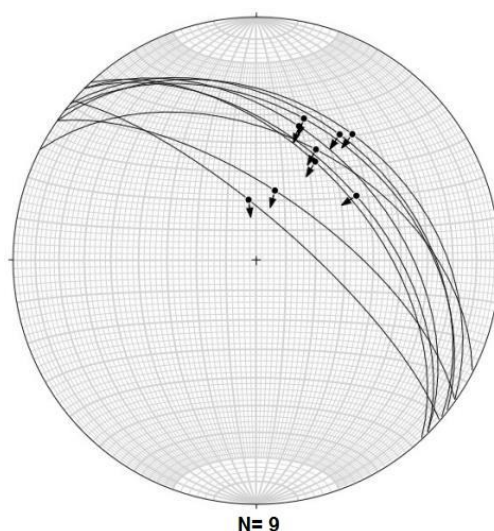
**Slika 5.45.** Čeoni dio ljuske paleogenskih foraminiferskih vapnenaca na cesti za Brgad (istočno od Buzeta, na lokaciji: 45°24'24.2"N, 14°0'22.2"E), koji predstavlja tjeđe navučene i polegle bore. Navlačni kontakt litostratigrafske jedinice FV na naslage jedinice FL. Pogled s jugoistoka u smjeru sjeverozapada.





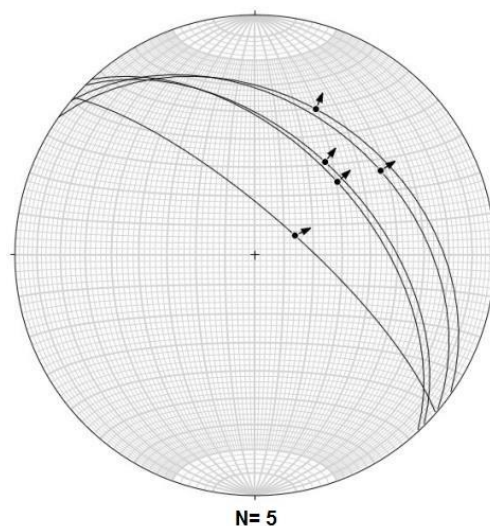
**Slika 5.47.** Strukturni dijagram slojevitosti krila bore sa skice na sl. 5.46. Tragovi ravnina slojeva u normalnom položaju označeni su crnom, a tragovi ravnina prebačenih slojeva (prebačenog krila bore) crvenom bojom. Narančastom bojom su označene zone točaka sjecišta ravnina slojevitosti –  $\beta$ -presječnica, čija je orijentacija paralelna osi bore. Dijagram je izrađen u programu Stereonet (ALLMENDINGER et al., 2012; CARDOZO & ALLMENDINGER, 2013).

Na slojnim površinama prebačenoga krila ove borane strukture uočljivi su česti tragovi interslojnoga kretanja, odnosno fleksurnoga smicanja – ostaci strija, odnosno lineacije, što zajedno s položajem krila bore ukazuje na tektonski transport prema JZ (sl. 5.48). Iz izmjerenih podataka izračunata je i najveća os paleonaprezanja  $\sigma_1$  orijentacije 216/2, što ukazuje na kompresiju po pravcu SI–JZ.



**Slika 5.48.** Strukturni dijagram tragova ravnina slojevitosti koje sadrže pokazatelje interslojnih kretanja reverznoga karaktera. Točke na tragovima ravnina označavaju orijentaciju strija, a strelice pokazuju smjer relativnoga kretanja krovinskog krila. Dijagram je izrađen u programu FaultKin 7 (MARRETT & ALLMENDINGER, 1990; ALLMENDINGER et al., 2012).

Dio strija na slojnim površinama u prebačenom krilu bore pokazuje i normalan karakter kretanja, što ukazuje na interslojno klizanje (fleksurno smicanje) pojedinih slojeva naslaga jedinice FV (sl. 5.49).

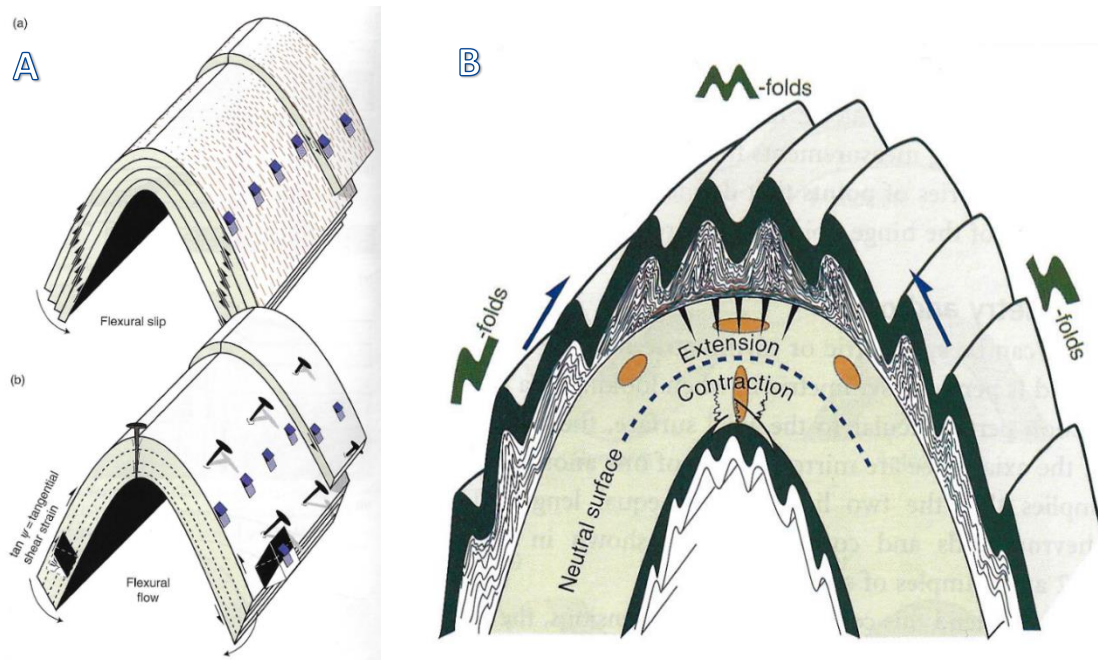


**Slika 5.49.** Strukturni dijagram tragova ravnina PS-a koje sadrže pokazatelje interslojnih kretanja normalnoga karaktera (dijagram je izrađen u programu FaultKin 7 – MARRETT & ALLMENDINGER, 1990; ALLMENDINGER et al., 2012).

U opisani strukturni sklop uklapaju se i tenzijske pukotine II reda (na skici na sl. 5.46 shematski crtkano označene kao subparalelne slojevitosti krila bore) koje u tjemenu dijelu bore prelaze u klivaž osne ravnine. One su izvorno intraslojne, pa stijena po njima pravilno puca i odlama se, a ako su reaktivirane tijekom navlačenja mogu imati i smična obilježja.

Intenzivno borani slojevi fliša (bore Z-tipa) u podini detaljno istraženoga kontakta (shematski prikazani na sl. 5.46) svojom orijentacijom struktura i položajima b-osi ukazuju da je navlačenje i boranje posljedica istodobne tektonske aktivnosti.

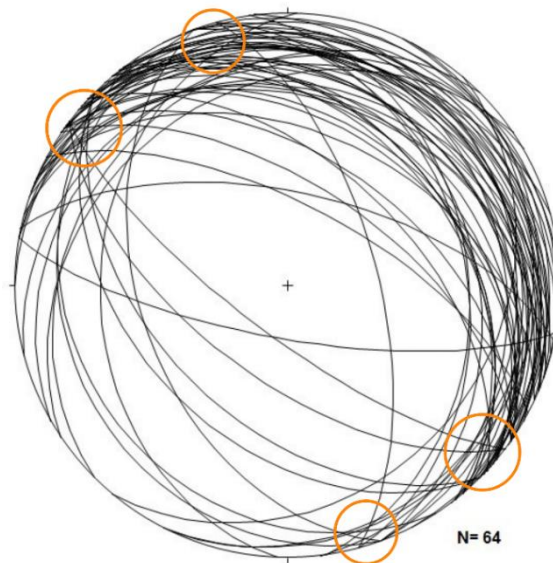
Ovaj detaljno strukturno analizirani primjer prebačene i poglele bore s fleksurnim smicanjima u krilima bore te nastajanjem sekundarnih bora u tanjim slojevima u krovinskom dijelu glavne bore vrlo dobro se uklapa u teoretski strukturni model prikazan na sl. 5.50.



**Slika 5.50.** Teoretski strukturalni model vrlo sličan analiziranom primjeru prebačene i polegle bore. A) fleksurno smicanje u krilima bore s različitim smjerom interslojnoga kretanja u svakom krilu; B) sekundarne ili bore višega reda, tj. parazitske bore u krovini glavne bore ili bore nižega reda. Obje ilustracije su iz FOSSEN (2010).

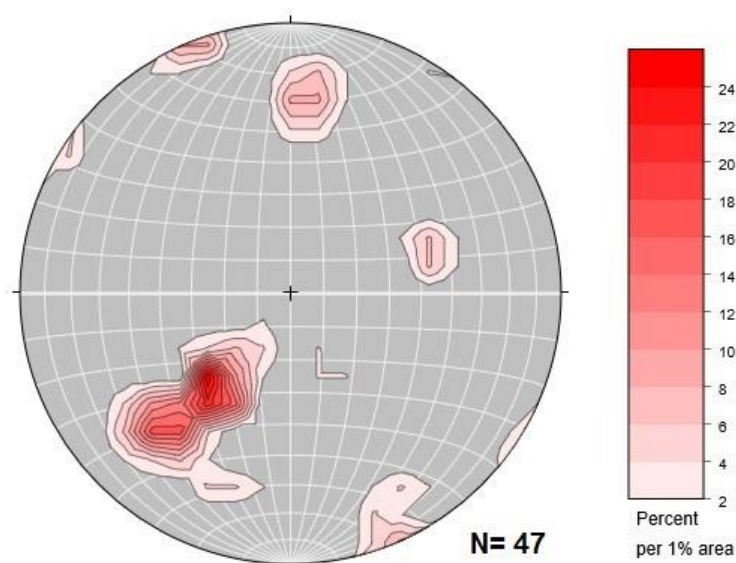
Dijagram slojevitosti strukturalno-tektonske jedinice I prikazuje tragove ravnina izmjerenih orijentacija položaja slojeva (PS-a) – sl. 5.51. Dijagram sadrži 64 podatka i iz njega je vidljivo da najveći dio orijentacija slojeva ima smjer nagiba prema sjeveroistoku (SI), veliki dio ima smjer nagiba prema jugozapadu (JZ), nešto manje prema sjeverozapadu (SZ), dok tek nekoliko slojeva ima smjer nagiba prema istoku-jugoistoku (II). Ti podaci ukazuju na boranje u naslagama ove strukturalno-tektonske jedinice i to pretežito unutar plastičnih naslaga fliša. S obzirom na smjerove nagiba slojeva, dominantno pružanje osi bora je dinaridsko (SZ–JI). Kutovi nagiba slojevitosti su različiti, ali dominiraju razmjerno blagi i srednji kutovi nagiba ( $10\text{--}40^\circ$ ). Strmiji kutovi nagiba ( $>40^\circ$ ) su rjeđi, a vezani su za bore unutar fliša, koje se odlikuju relativno malom valnom duljinom u odnosu na amplitudu, zbog čega slojevi u krilima bore imaju veći kut nagiba.





**Slika 5.51.** Strukturni dijagram orijentacije izmjerenih položaja slojeva (tragova ravnina slojevitosti) strukturno-tektonske jedinice I – Pazinski flišni bazen. Narančastom bojom su označene najgušće zone točaka sjecišta ravnina slojevitosti –  $\beta$ -presječnica, čija je orijentacija paralelna b osi bora.

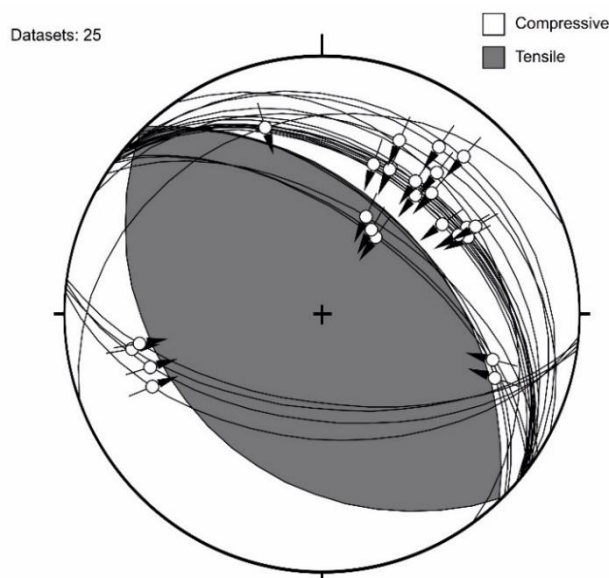
Strukturni konturni dijagram pukotina i pukotinskih sustava ove strukturno-tektonske jedinice sadrži 47 podataka o orijentaciji navedenih disjunktivnih struktura (sl. 5.52). Iz dijagrama je vidljivo da dominira dinaridski pravac pružanja pukotina SZ–JI. U manjoj mjeri uočljiv je i pukotinski sustav poprečan na dinaridski pravac, odnosno pružanja SI–JZ. Kutovi nagiba pukotina su od strmih do subvertikalnih i vertikalnih (50–90°), prosječno 67°.



**Slika 5.52.** Strukturni konturni dijagram orijentacija pukotina i pukotinskih sustava strukturno-tektonske jedinice I.

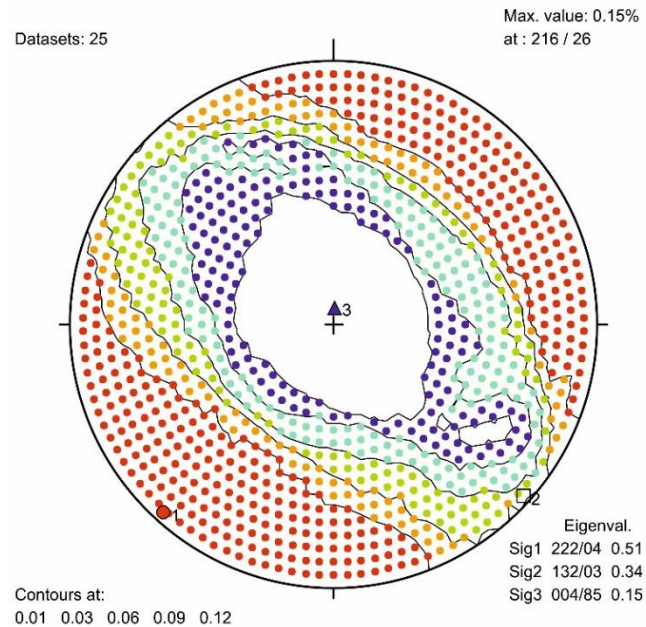
U strukturno-tektonskoj jedinici I ukupno je izmjeren 41 podatak orijentacije rasjeda koji su na svojim kliznim plohama imali sačuvane indikatore kretanja, tj. strija. Od ukupno izmjerenoga broja 25 je reverznih, osam normalnih te osam s horizontalnim pomakom rasjednih krila (engl. *strike-slip*). S obzirom na kinematsku kompatibilnost, reverzni, normalni te rasjedi s horizontalnim pomakom su svrstani u grupe. Rasjedi s horizontalnim pomakom su još dodatno podijeljeni u dvije manje podgrupe s obzirom na dominantan smjer nagiba i pružanja pojedinih ploha te njihovu kinematiku, tj. smjer kretanja (lijevi i desni). U Tablici 1 na kraju ovoga potpoglavlja prikazan je ukupni broj podataka za svaku grupu i podgrupu rasjeda, prosječne vrijednosti orijentacija rasjednih ploha (smjer i kut nagiba), srednja vrijednost kuta a-lineacije, srednja vrijednost orijentacije strija, te srednja vrijednost orijentacije kinematskih osi (P i T osi).

Reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice I (grupa RR-1, ukupno 25 podataka) imaju dominantno dinaridsko pružanje SZ–JI. Od toga 20 izmjerenih orijentacija ima smjer nagiba rasjedne plohe prema SI (prosječno  $39^\circ$ ), jedna rasjedna ploha ima smjer nagiba prema SZ ( $340^\circ$ ) dok četiri izmjerene orijentacije imaju smjer nagiba prema JJI (srednje vrijednosti  $187^\circ$ ). Prosječan kut nagiba rasjednih ploha je  $42^\circ$  (sl. 5.53, tabl. 1 za detalje).



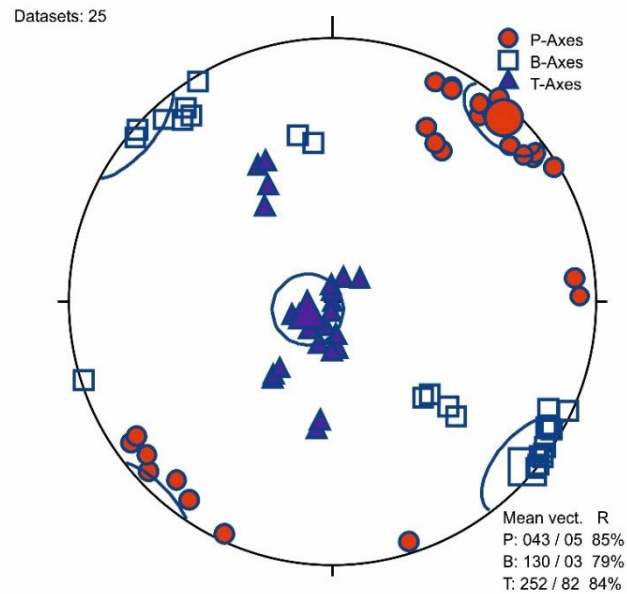
**Slika 5.53.** Reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice I (RR-1). Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i dijagrama žarišnoga mehanizma potresa (ŽMP), tj. *beachball* dijagrama.

Strukturni dijagram izračuna osi paleonaprezanja metodom pravih diedara pokazuje da najveća os paleonaprezanja za grupu reverznih rasjeda RR-1 ima vrijednost  $\sigma_1 = 222/4$  (sl. 5.54).



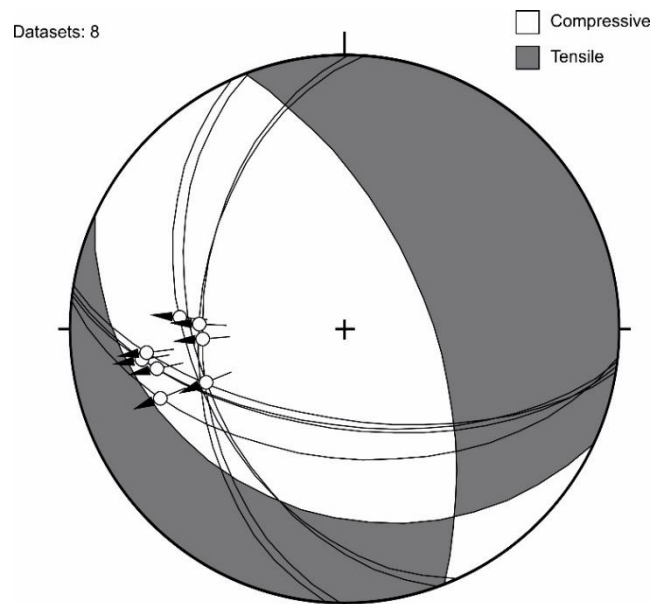
**Slika 5.54.** Strukturni dijagram pravih diedara za grupu reverznih rasjeda RR-1 s izračunom osi paleonaprezanja – najveća ( $\sigma_1$ ), srednja ( $\sigma_2$ ) i najmanja os paleonaprezanja ( $\sigma_3$ ).

Kinematska analiza polja naprezanja pomoću metode P–T kinematskih osi (TURNER, 1953; MARRETT & ALLMENDINGER, 1990) pokazuje da su reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice I nastali u kompresijskom polju naprezanja s P-osi dominantnoga pravca pružanja SI–JZ, dok T-os ima smjer nagiba prema ZJZ s vrlo strmim kutom nagiba (sl. 5.55, tabl. 1 za detalje).



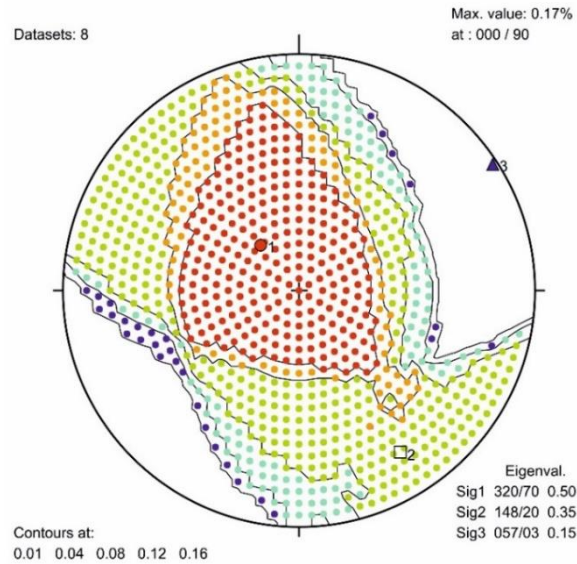
**Slika 5.55.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za grupu reverznih rasjeda (RR-1) strukturno-tektonske jedinice I.

Unutar područja strukturno-tektonske jedinice I izmjereno je i osam rasjeda s normalnim karakterom pomaka koji su svrstani u grupu NR-1. Mjereni podaci imaju orijentaciju smjera nagiba rasjedne plohe prema ZJZ s kutom nagiba srednje vrijednosti  $52^\circ$  (sl. 5.56, tabl. 1 za detalje).



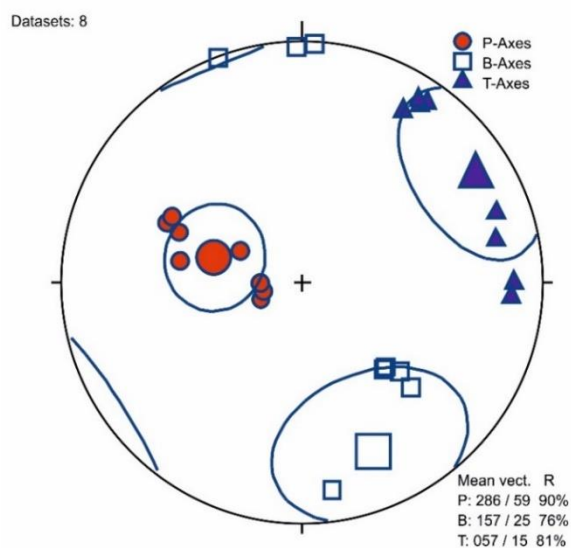
**Slika 5.56.** Normalni rasjedi strukturno-tektonske jedinice I (NR-1). Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i strukturnoag *beachball* dijagrama.

Strukturni dijagram izračuna osi paleonaprezanja metodom pravih diedara za normalne rasjede strukturno-tektonske jedinice I (NR-1) pokazuje vrijednost  $\sigma_1 = 320/70$  (sl. 5.57).



**Slika 5.57.** Strukturni dijagram pravih diedara s izračunom osi paleonaprezanja (najveća –  $\sigma_1$ , srednja –  $\sigma_2$  i najmanja –  $\sigma_3$ ) za normalne rasjede strukturno-tektonske jedinice I (NR-1).

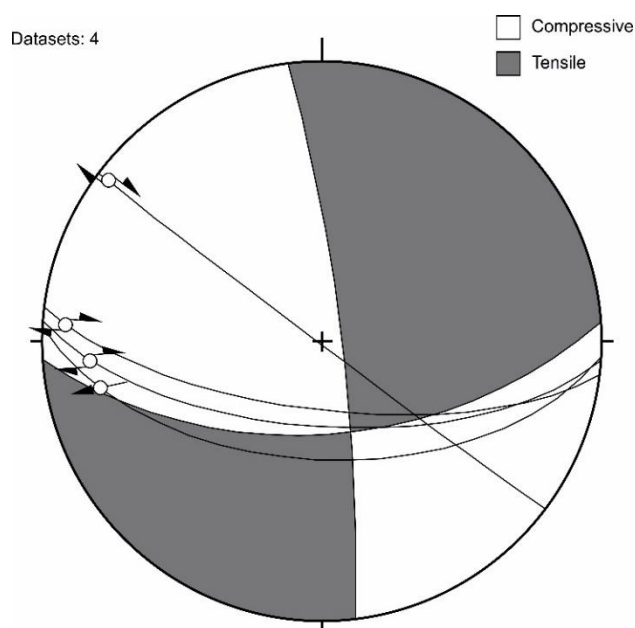
Kinematska analiza pokazuje da su normalni rasjedi strukturno-tektonske jedinice I nastali u polju naprezanja s P-osi pružanja približno ZSZ–IJI (smjera nagiba prema  $286^\circ$  s kutom nagiba od  $59^\circ$ ) rezultirajući ekstenzijom po pravcu SSI–JJZ. T-os ima smjer nagiba generalno prema SI s kutom nagiba od  $15^\circ$  (sl. 5.58, tabl. 1 za detalje).



**Slika 5.58.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za normalne rasjede strukturno-tektonske jedinice I (NR-1).

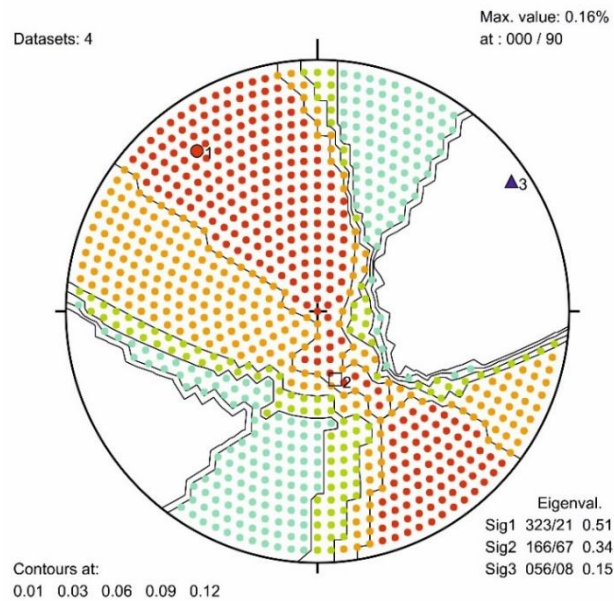
Osim reverznih i normalnih rasjeda u strukturno-tektonskoj jedinici I terenski su mjereni i rasjedi s horizontalnim i subhorizontalnim pomakom (engl. *strike-slip faults*). Takvih je rasjeda zabilježeno osam i podijeljeni su u dvije kompatibilne podgrupe s obzirom na orijentacije i karakter kretanja, odnosno smjer pomaka rasjednih krila (desno i lijevo kretanje). Pojedine rasjedne plohe sa subhorizontalnim pomakom sadrže više generacija strija koje pokazuju i lijevo i desno kretanje duž iste rasjedne plohe, što ukazuje na moguću reaktivaciju, odnosno polifaznu tektoniku.

U prvu podgrupu rasjeda sa subhorizontalnim pomakom strukturno-tektonske jedinice I (HR-1a) svrstana su četiri rasjeda koji imaju desnu komponentu kretanja rasjednih krila. Orijehtacija tih rasjeda ima smjer nagiba prema J (srednja vrijednost  $193^\circ$ , s time da su tri orijentacije rasjeda subparalelnih smjerova nagnute prosječno na  $185^\circ$ , dok vrijednost četvrtoga podatka odstupa (sa smjerom nagiba prema  $217^\circ$ , što je utjecalo na srednju vrijednost), dok je prosječan kut nagiba tih rasjednih ploha  $70^\circ$  (sl. 5.59, tabl. 1 za detalje).



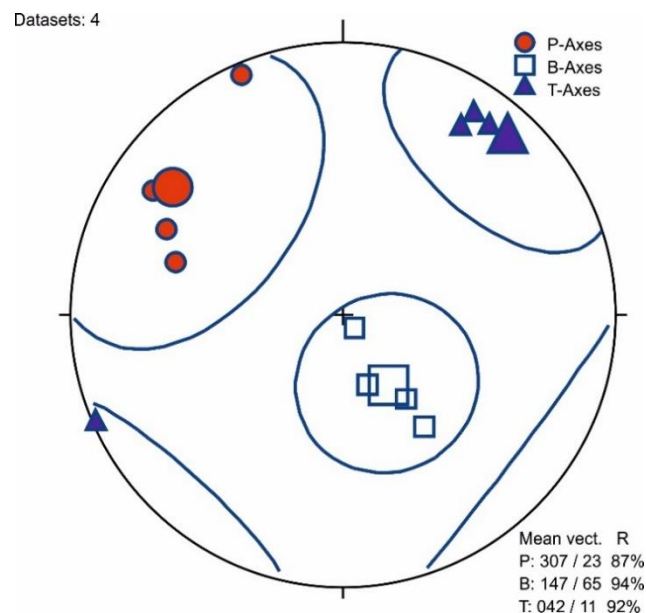
**Slika 5.59.** Rasjedi s desnim horizontalnim pomakom prve podgrupe strukturno-tektonske jedinice I (HR-1a). Zajednički dijagram ravnina rasjeda i *beachball* dijagrama.

Strukturni dijagram izračuna osi paleonaprezanja metodom pravih diedara za desne rasjede s horizontalnim pomakom prve podgrupe strukturno-tektonske jedinice I (HR-1a) pokazuje da  $\sigma_1$  kao najveća os ima vrijednost orijentacije  $323/21$  (sl. 5.60).



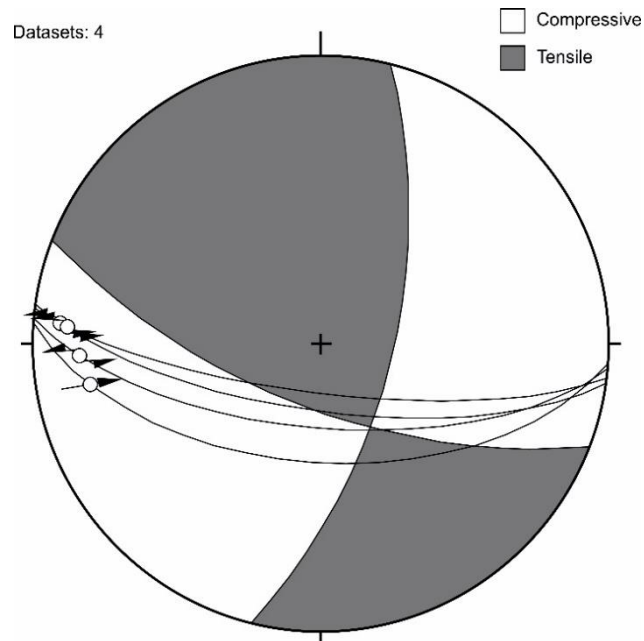
**Slika 5.60.** Strukturni dijagram pravih diedara s izračunom osi paleonaprezanja (najveća –  $\sigma_1$ , srednja –  $\sigma_2$  i najmanja –  $\sigma_3$ ) za podgrupu desnih rasjeda s horizontalnim pomakom strukturno-tektonске jedinice I (HR-1a).

Strukturalna kinematska analiza pokazuje da su desni rasjedi s horizontalnim pomakom prve podgrupe strukturno-tektonске jedinice I (HR-1a) bili aktivni u polju naprezanja s P-osi pružanja SZ–JI (orijentacije 307/23), dok T-os ima smjer nagiba prema SI s blagim kutom nagiba od  $11^\circ$  (sl. 5.61, tabl. 1 za detalje).



**Slika 5.61.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za podgrupu desnih rasjeda s horizontalnim pomakom (HR-1a) strukturno-tektonске jedinice I.

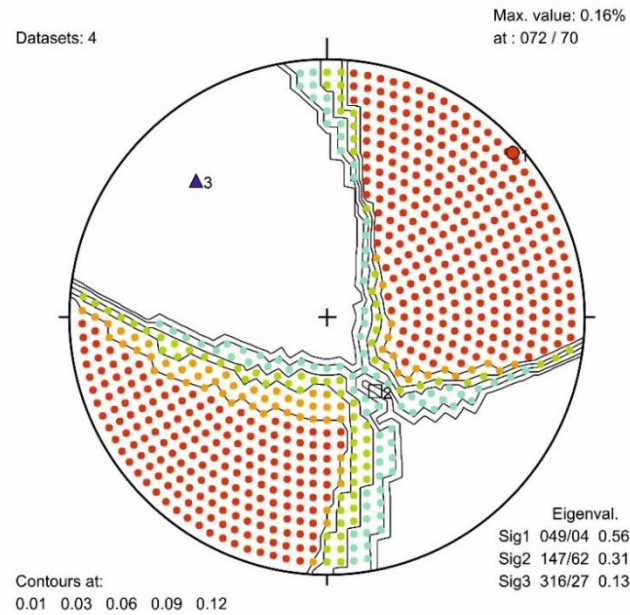
Druga podgrupa rasjeda sa subhorizontalnim pomakom strukturno-tektonske jedinice I (HR-1b) sadrži četiri mjerena rasjeda koji ukazuju na lijevo kretanje rasjednih krila. Smjer nagiba tih rasjeda je prema J (srednja vrijednost  $186^\circ$ ), dok je prosječan kut nagiba rasjednih ploha  $67^\circ$  (sl 5.62, tabl. 1 za detalje).



**Slika 5.62.** Rasjedi s lijevim horizontalnim pomakom druge podgrupe strukturno-tektonske jedinice I (HR-1b). Zajednički dijagram ravnina rasjeda i strukturnoga *beachball* dijagrama.

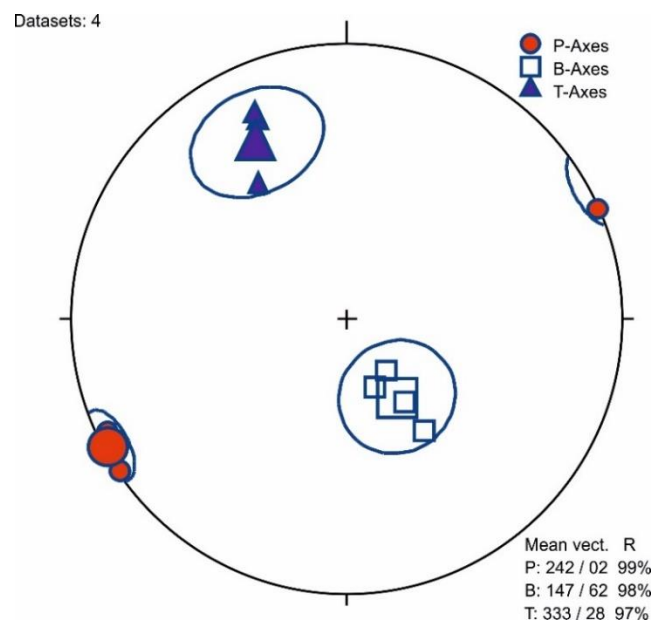
Strukturni dijagram izračuna osi paleonaprezanja metodom pravih diedara za lijeve rasjede s horizontalnim pomakom (druga podgrupa strukturno-tektonske jedinice I, HR-1b) pokazuje da najveća os  $\sigma_1$  ima orijentaciju 49/4 (sl. 5.63).





**Slika 5.63.** Strukturni dijagram pravih diedara s izračunom osi paleonapreznja (najveća –  $\sigma_1$ , srednja –  $\sigma_2$  i najmanja –  $\sigma_3$ ) za podgrupu lijevih rasjeda s horizontalnim pomakom strukturno-tektonске jedinice I (HR-1b).

Kinematska analiza pokazuje da su lijevi rasjedi s horizontalnim pomakom druge podgrupe strukturno-tektonске jedinice I (HR-1b) bili aktivni u polju napreznja s P-osi pružanja SI–JZ (orijentacije 242/02), dok T-os ima smjer nagiba prema SZ s kutom nagiba od  $28^\circ$  (sl. 5.64, tabl. 1 za detalje).



**Slika 5.64.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za podgrupu lijevih rasjeda s horizontalnim pomakom (HR-1b) strukturno-tektonске jedinice I.

**Tablica 1.** Srednje vrijednosti geometrijskih parametara svih mjerenih rasjeda u strukturno-tektonskoj jedinici I – Pazinski flišni bazen, s izračunatim kinematskim pokazateljima i parametrima. Tumač kratica: RR-1 – reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice I; NR-1 – normalni rasjedi strukturno-tektonske jedinice I; HR-1a – desni rasjedi s horizontalnim pomakom strukturno-tektonske jedinice I; HR-1b – lijevi rasjedi s horizontalnim pomakom strukturno-tektonske jedinice I. Tipovi rasjeda: R – reverzni; N – normalni; H – rasjedi s horizontalnim pomakom. ni – nije izračunato (rasjedne plohe imaju razmjerno slično pružanje, ali suprotne smjerove nagiba).

Grupa/ podgrupa rasjeda	Broj podataka	Smjer nagiba (°)	Kut nagiba (°)	Kut a-lineacije (°)	Tip rasjeda	Strije (ls)		P-os		T-os	
						Smjer (°)	Kut (°)	Smjer (°)	Kut (°)	Smjer (°)	Kut (°)
RR-1	25	ni	42	72	R	ni	35	43	05	252	82
NR-1	8	224	52	56	N	262	36	286	59	057	15
HR-1a	4	193	70	15	H	276	13	307	23	042	11
HR-1b	4	186	67	17		269	15	242	02	333	28

### 5.2.2. Strukturno-tektonska jedinica II – Paleogenska ljuskava struktura jugozapadnoga dijela Ćićarije

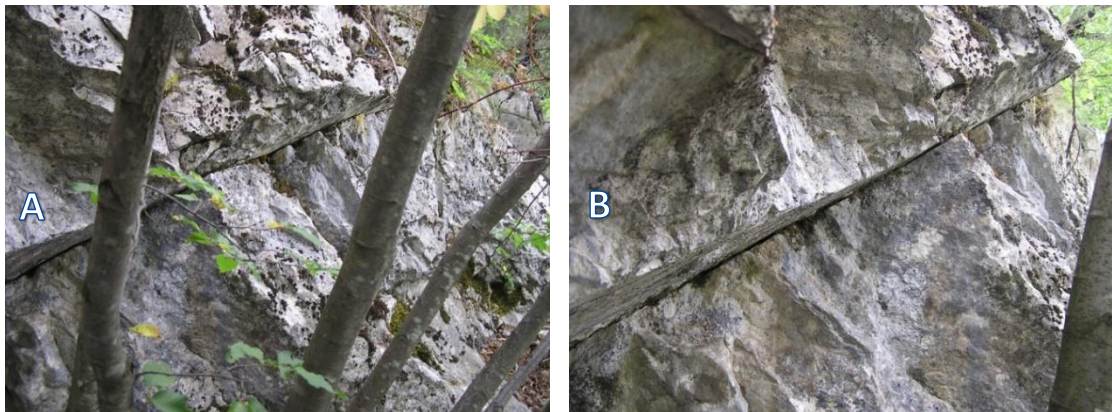
Strukturno-tektonska jedinica II – Paleogenska ljuskava struktura jugozapadnoga dijela Ćićarije je od strukturno-tektonske jedinice I prema jugozapadu odvojena graničnim **reverznim rasjedom Crnica–Ročko polje**, prema istoku i sjeveroistoku je od strukturno-tektonskih jedinica IIIa i IIIb odvojena navlačnim rasjedom **navlake Rašpor–Brgudac**, dok prema sjeveru njezinu granicu prema strukturno-tektonskoj jedinici IV predstavlja **navlačni rasjed** na potezu **Vrh od Šterne–Osapna** (sl. 5.41). Kao i jedinica I, strukturno-tektonska jedinica II je također izgrađena isključivo od paleogenih naslaga foraminiferskih vapnenaca (FV), prijelaznih naslaga (PN) i fliša (FL), uz značajniju pojavu i najmlađih jedinica kolutija (p) te sipara i siparišnih breča (s) koje prekrivaju krška polja (kolutij), odnosno strme padine (sipari i siparišne breče) (PRILOG 1). Ova strukturno-tektonska jedinica predstavlja integralni dio Ćićarije i u geomorfološkom i u strukturno-geološkom smislu. Naime, od graničnog **reverznog rasjeda Crnica–Ročko polje**, koji ovu jedinicu prema jugozapadu odvaja od prethodno opisane, prema sjeveroistoku morfološki gledano započinje gorski hrbat, ili kako je MIHLJEVIĆ (1995) opisao gorska skupina Ćićarije. Morfološki gledano, strukturno-tektonska jedinica II tvori tzv. „stepeničasti“ reljef, u kojem na terenu jasno vidljive „stepenice“ predstavljaju čeone dijelove izgrađene od foraminiferskih vapnenaca kao najnižih dijelova paleogenih ljusaka (sl. 5.65A i B).



**Slika 5.65A i B.** Panoramski pogled na čeone dijelove paleogenskih ljustaka izgrađenih od foraminiferskih vapnenaca. Čeoni dijelovi su morfološki istaknuti i odražavaju se kao „stepenice“ u reljefu. JZ dio istraživanoga područja: A) šira okolica lokaliteta Krkuš; B) istočno od naselja Semić.

U strukturno-geološkom smislu, strukturno-tektonska jedinica II izgrađena je od cijelog niza paleogenskih ljustaka, odnosno reverznih rasjeda duž kojih se ponavljaju slijedovi paleogenskih naslaga jedinica FV, PN i FL. Najčešće su reverzni pomaci vezani samo za naslage foraminiferskih vapnenaca unutar kojih se ponavljaju pojedini paketi jedinice FV od miliolidnih, preko alveolinskih do numulitnih i diskociklinskih vapnenaca, ili pak samo neki dijelovi toga slijeda. Tako npr. miliolidni vapnenci kao najniži dio slijeda jedinice FV mogu biti u reverznom kontaktu s numulitnim ili diskociklinskim, a

rjeđe i s alveolinskim naslagama foraminiferskih vapnenaca u podinskom krilu. Isto tako, slijed alveolinskih vapnenaca može biti u reverznom kontaktu s numulitno-diskociklinskim paketom i sl. U poglavlju o opisu litostratigrafskih jedinica Ćićarije opisano je kako zbog velike vertikalne i lateralne raznolikosti facijesa i miješanja biote iz različitih ekoloških niša na istraživanom području Ćićarije nije bilo moguće izdvajati zasebne dijelove unutar foraminiferskih vapnenaca. Međutim, tijekom geološkoga kartiranja bilo je izuzetno važno detaljno pratiti slijed naslaga i na taj način otkriti moguća ponavljanja unutar naizgled kontinuiranog slijeda. Takva ponavljanja unutar različitih dijelova naslaga jedinice FV, zbog sličnosti u kompetentnosti materijala (karbonatne stijene) često nisu morfološki obilježena „stepeničastim“ reljefom, tako da ih samo geomorfološkom analizom, bez detaljnog geološkog kartiranja, nije moguće prepoznati (sl. 5.66A i B).

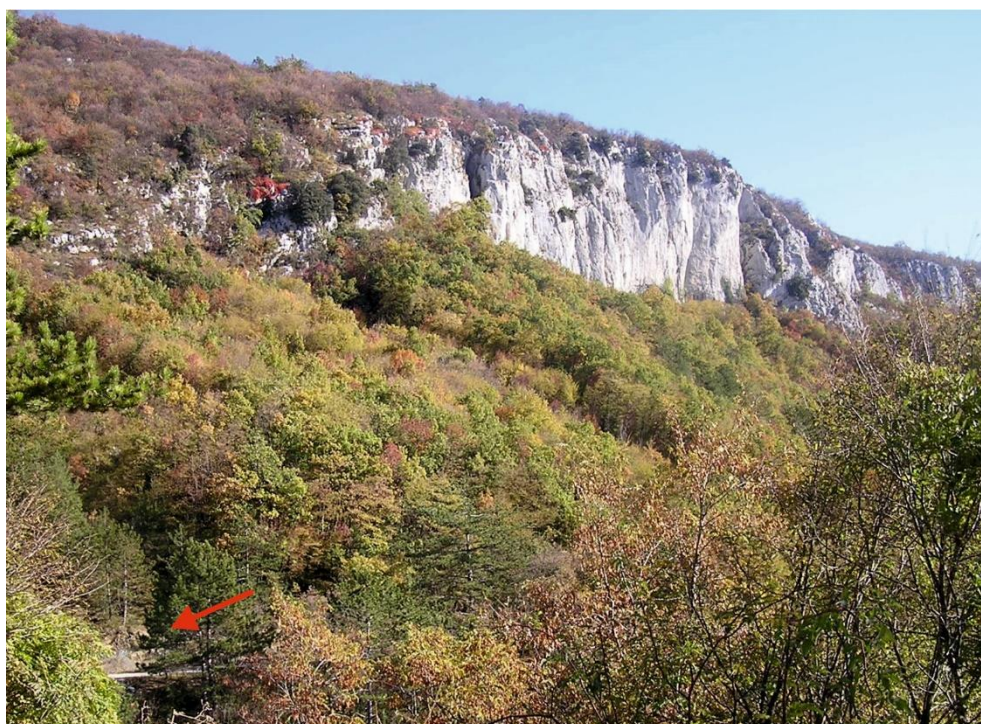


**Slika 5.66A i B.** Primjer reverznoga kontakta i ponavljanja unutar slijeda naslaga FV-a. Čeoni dijelovi ljusaka nisu morfološki istaknuti. Lokacija: okolica sela Slum.

Osim ljusaka unutar naslaga jedinice FV na nekoliko mjesta u ovoj strukturno-tektonskoj jedinici utvrđeno je i višestruko ponavljanje unutar naslaga jedinice PN (PRILOG 1). Takva ponavljanja, zbog izuzetne podložnosti prijelaznih naslaga trošenju, eroziji i ispiranju, također ne ostavljaju tragove u reljefu već se odražavaju u povećanoj širini zone površinskog pojavljivanja litostratigrafske jedinice PN (PRILOG 1).

Za razliku od takvih ponavljanja, u slijedu u kojem se nalaze naslage jedinice FV, a na njima naslage jedinice PN, a mjestimice čak i FL (koje su vrlo rijetko prisutne unutar ove strukturno-tektonske jedinice i to u vrlo uskim zonama) morfološke razlike su vrlo izražene i istaknute. Naime, slijedovi paleogenskih naslaga koji završavaju klastičnim naslagama jedinica PN ili FL čine vrlo podatnu plastičnu podlogu za reverzno izdizanje

sljedećega krovinskog slijeda paleogenskih naslaga jedinice FV. Upravo takva nekompetentna podloga omogućuje i nešto veće reverzne pomake krovinskih karbonatnih stijena, ali i znatno manju tektonsku deformaciju i time manju sklonost površinskom trošenju, što uz razliku u eroziji i trošenju kompetentnih i nekompetentnih naslaga rezultira morfološki istaknutim čeonim dijelom sljedeće ljuske, odnosno „stepeničastim“ reljefom (sl. 5.67).



**Slika 5.67.** Primjer morfološki istaknutog, dobro očuvanog čeonog dijela ljuske izgrađenog od naslaga jedinice FV reverzno izdignutog po nekompetentnim naslagama jedinice PN ili FL. Ispod gusto pošumljenoga dijela podno ljuske su laporovite naslage koje su podloga ljuskanju, a na slici dolje lijevo u zasjeku ceste vidljivi su i izdanci lapora (označeno strelicom). Lokacija: šira okolica naselja Semić.

Glavna obilježja ljosaka, odnosno većine mjerenih reverznih rasjeda u strukturno-tektonskoj jedinici II je generalno pružanje SZ–JI, smjer nagiba rasjednih ploha prema SI, JZ vergencija rasjednih struktura, odnosno smjer tektonskoga transporta prema JZ.

Kao primjer detaljnije strukturno-geološki obrađene točke unutar strukturno-tektonske jedinice II izdvojen je reverzni, odnosno navlačni kontakt litostratigrafske jedinice FV na globigerinske lapore jedinice PN – sl. 5.68. Odabrana točka se nalazi na krajnjem južnom dijelu istraživanoga područja, sjeverno od sela Semić (PRILOG 1). Ova točka je vrlo ilustrativna i lako dostupna jer se nalazi tik uz markiranu planinarsku stazu. Inače, na cijelom području istraživanja, unutar jugozapadnoga dijela paleogenske

ljuskave strukture, ovakvi navlačni kontakti kompetentnih karbonatnih vapnenaca na nekompetentne lapore u podini su vrlo brojni, no rijetko su tako fotogenični i pristupačni kao u ovom slučaju.



**Slika 5.68.** Navlačni kontakt foraminiferskih vapnenaca na globigerinske lapore prijelaznih naslaga. Lokacija: sjeverno od naselja Semić (45°22'26.4"N, 14°6'50.4"E).

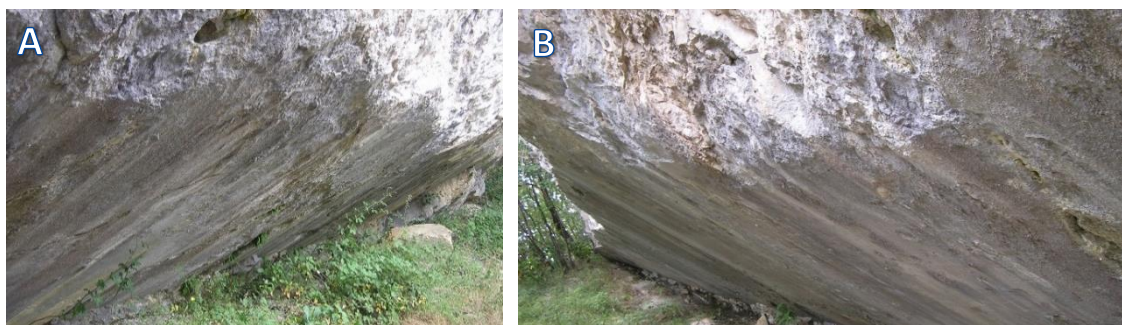
Na ovoj točki vapnenci su litološki zastupljeni miliolidnim vekstonima tamnije smeđe boje, koji najvjerojatnije predstavljaju stariji, početni dio slijeda foraminiferskih vapnenaca.

Orijentacija rasjedne plohe je na ovoj lokaciji  $R = 338-352/25-35$ , što donekle odudara od dinaridskoga pružanja, ali ako se pažljivije pogleda nova geološka karta M 1:50.000 (PRILOG 1) vidljivo je da su reverzni kontakti ljustaka generalno dinaridskoga pružanja SZ–JI i smjera nagiba prema SI, no česta su blaga zakretanja i odstupanja od toga pravca, pretežito u smjer nagiba prema SZ, ali mjestimice i više prema sjeveru kao u ovom slučaju. Ova rasjedna ploha je mjestimice vrlo zaglađena, pa se doima poput tzv. gorskoga zrcala (sl. 5.69).



**Slika 5.69.** Rasjedna ploha (sa sl. 5.68) je vrlo oštra i ravna, a mjestimice i vrlo zaglađena poput tzv. gorskoga zrcala.

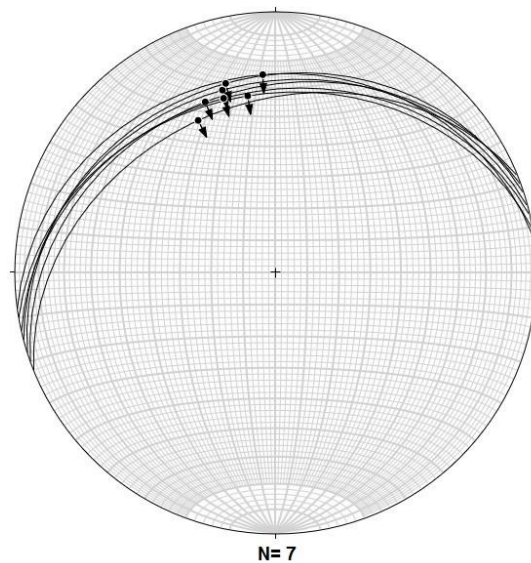
Na rasjednoj plohi ima i ostataka strija koje ukazuju na reverzno kretanje (što je jasno i po samoj litologiji – starije su naslage izdignute na mlađe) sa subvertikalnim kutom a-lineacije  $85\text{--}95^\circ$ , odnosno  $85\text{--}90^\circ$  od smjera zapada te  $85\text{--}90^\circ$  od smjera istoka (sl. 5.70A i B).



**Slika 5.70A i B.** Opisivana rasjedna ploha  $R= 338\text{--}352/25\text{--}35$  (sa sl. 5.68) s ostacima subvertikalnih strija koje ukazuju na reverzni karakter kretanja. A) pogled na rasjednu plohu prema istoku; B) pogled na rasjednu plohu prema zapadu.

Strukturni dijagram tragova ravnina ovoga rasjeda s nanesenim kutovima a-lineacije, tj. orijentacijama strija, jasno ukazuje na kompresiju po pravcu SSZ–JJI, odnosno tektonski

transport prema JJI (sl. 5.71), što potvrđuje i izračunata orijentacija najveće osi paleonaprezanja  $\sigma_1 = 165/14$ .

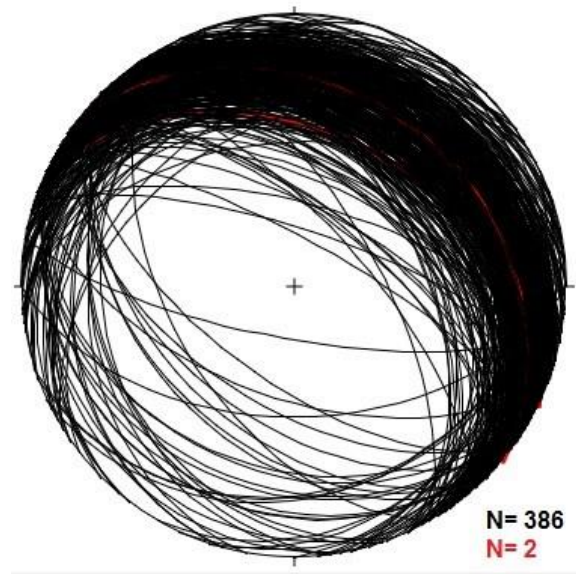


**Slika 5.71.** Strukturni dijagram tragova ravnina s orijentacijama strija i strelicama koje označavaju relativan smjer kretanja krovinskog krila reverznoga rasjeda foraminiferskih vapnenaca na globigerinske lapore na lokaciji  $45^{\circ}22'26.4''N$ ,  $14^{\circ}6'50.4''E$ . Dijagram je izrađen u programu FaultKinWin (MARRETT & ALLMENDINGER, 1990; ALLMENDINGER et al., 2012).

Osim najčešćih reverznih rasjeda u ovoj strukturno-tektonskoj jedinici česti su i rasjedi sa subhorizontalnim pomakom. Pružanje tih rasjeda je od SZ–JI, preko S–J do SI–JZ (sl. 5.41). Takvi rasjedi ili prekidaju ljske u njihovom pružanju, ili ih pak sijeku i razmiču s lijevim ili desnim pomakom. To ukazuje na činjenicu da su, ako uspoređujemo međusobni odnos tih rasjeda s reverznim rasjedima u paleogenskim ljskama, rasjedi s horizontalnim pomakom relativno mlađi u odnosu na reverzne rasjede.

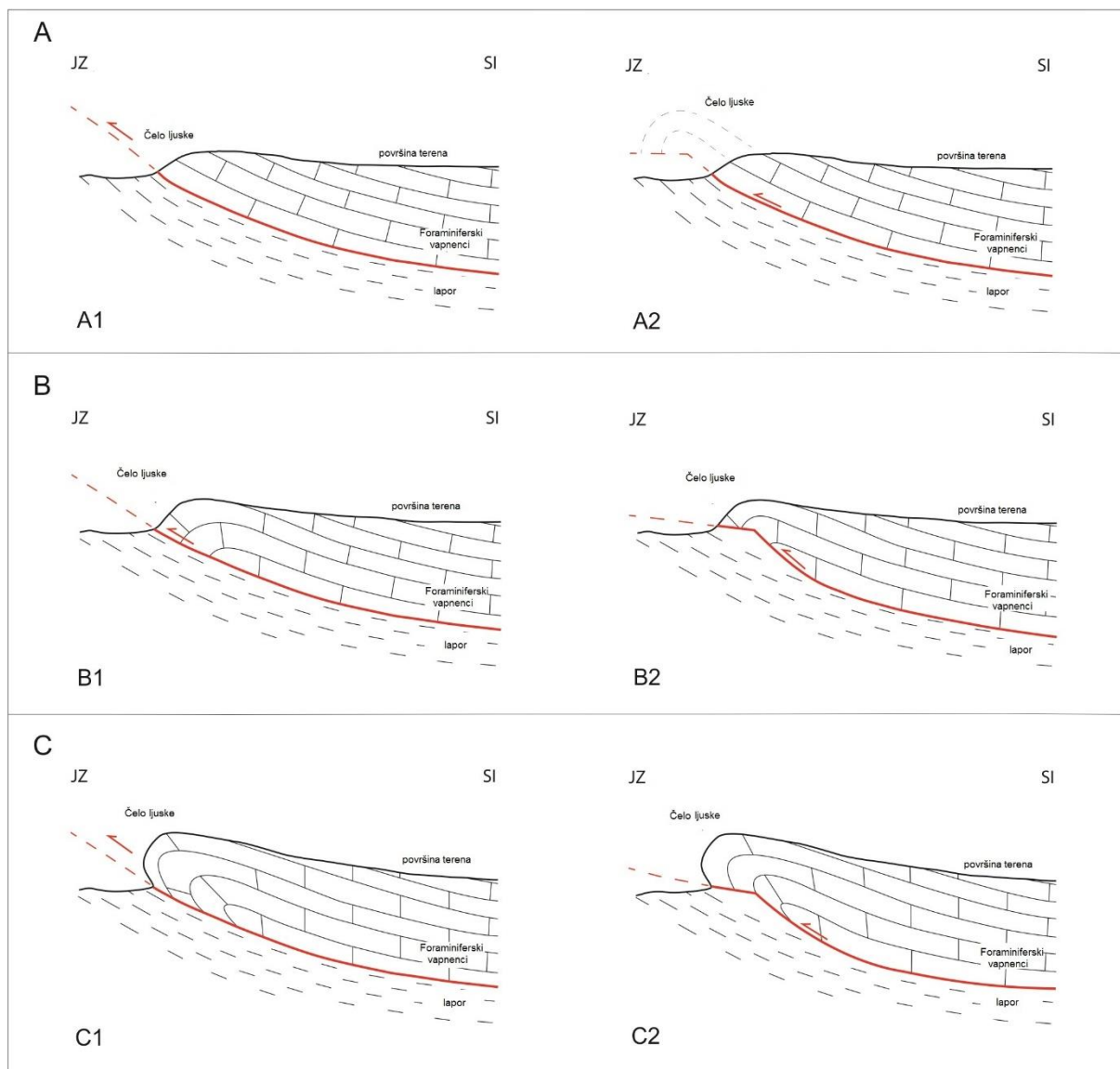
Dijagram slojevitosti strukturno-tektonske jedinice II koji prikazuje tragove ravnina terenski prikupljenih položaja slojeva sadrži čak 388 izmjerenih podataka (sl. 5.72). Od toga su 386 sloja u normalnom, a dva u prebačenom položaju (na dijagramu označeni crvenim tragovima).





**Slika 5.72.** Strukturni dijagram orijentacije položaja slojeva strukturno-tektonske jedinice II – paleogenske ljuskave strukture jugozapadnoga dijela Čičarije.

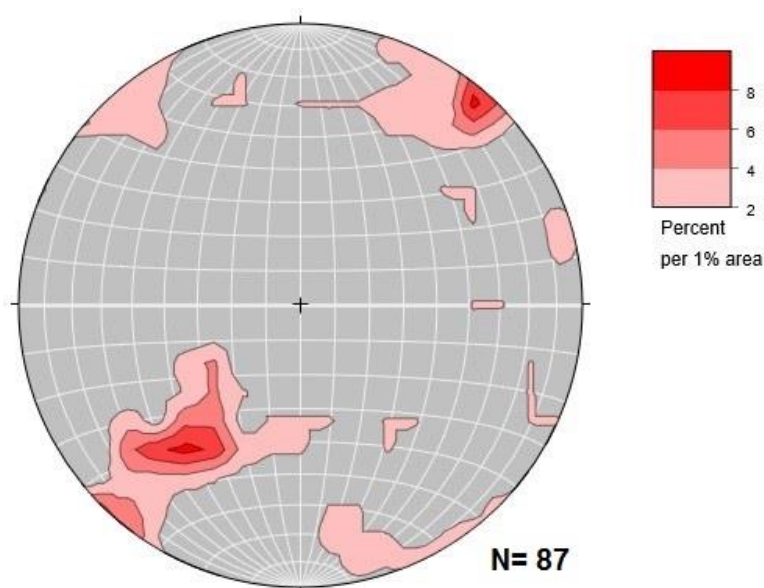
Najveći broj slojeva mjenjenih u strukturno-tektonskoj jedinici II pokazuje smjer nagiba prema sjeveroistoku (SI). Nešto slojeva ima smjer nagiba prema JZ, dok su smjerovi nagiba prema SZ i/ili JI tek sporadični. Srednja vrijednost kuta nagiba je  $31^\circ$ . Ovakav izgled dijagrama slojevitosti ukazuje na boranjanje s b-osima pružanja SZ–JI. Međutim, za razliku od strukturno-tektonske jedinice I u kojoj je glavnina boranja vezana za naslage fliša, u ovoj strukturno-tektonskoj jedinici paleogenske naslage (litostratigrafske jedinice FV, PN i FL) koje izgrađuju ljuste imaju pretežito, pa čak i isključivo smjer nagiba slojevitosti prema SI, dok su suprotni smjerovi nagiba slojevitosti (prema JZ) prisutni uglavnom u samim čeonim dijelovima ljustaka. Naime, terenskim istraživanjem i geološkim kartiranjem ovoga dijela terena izdvojeno je šest različitih vrsta građe čeonih dijelova ljustaka, kako je prikazano na sl. 5.73. Te razlike u čeonim dijelovima su najvjerojatnije posljedica različitoga intenziteta kretanja samih ljustaka pod djelovanjem istog paleonaprezanja.



**Slika 5.73.** Shematski prikaz (nije u mjerilu) raznih tipova geometrije čeonih dijelova pojedinih ljusaka paleogenske ljuskave strukture JZ dijela Čičarije.

Na samom čelu ljuske slojevi mogu biti nagnuti prema SI (sl. 5.73A1 i A2), prema JZ (sl. 5.73B1 i B2) ili prema SI, ali u inverznom (prebačenom) položaju (sl. 5.73C1 i C2, primjerice crveni tragovi ravnina na dijagramu slojevitosti na sl. 5.72). Do takvoga boranja, odnosno svijanja i prebacivanja slojeva u čeonim dijelovima ljusaka, došlo je zbog kompresijskoga pritiska po pravcu SI–JZ, smicanja kompetentnih karbonatnih stijena litostratigrafske jedinice FV po podatnim, nekompetentnim laporima iz jedinica PN ili FL-a te promjena u nagibu samih navlačnih ploha koje najvjerojatnije imaju stepeničastu geometriju (engl. *ramp and flat*, geometriju s izmjenama rampa sa strmijim kutom te zaravni s blažim kutom nagiba navlačne plohe) – sl. 5.73.

Strukturni konturni dijagram pukotina i pukotinskih setova ove strukturno-tektonske jedinice sadrži 92 podatka o orijentaciji mjerenih struktura (sl. 5.74). Iz dijagrama je vidljivo da dominira pravac pružanja SZ–JI, tj. dinaridsko pružanje, a u manjoj mjeri i poprečno na njega pružanje SI–JZ. Osim njih rijetko su prisutne i pukotine generalnoga pružanja S–J, dok su pukotine pružanja I–Z još rjeđe. Kutovi nagiba pukotina su prilično širokoga raspona, od razmjerno blagih, preko strmih do subvertikalnih i vertikalnih, a srednja vrijednost im je  $65^\circ$ .

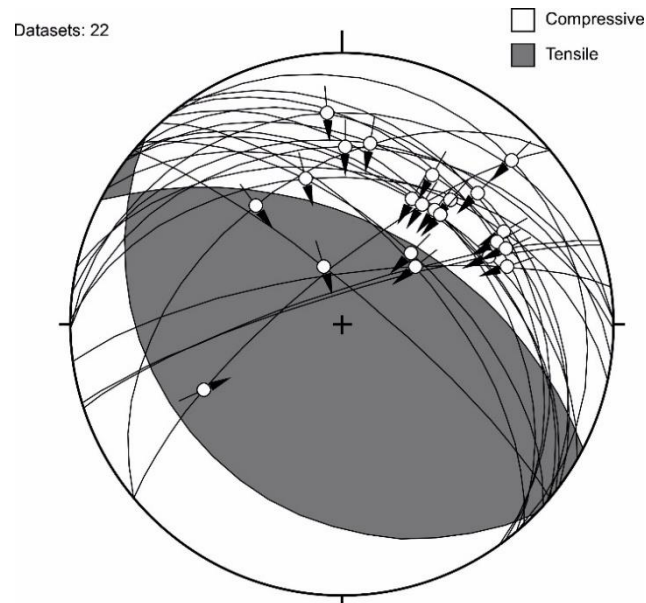


**Slika 5.74.** Konturni dijagram orijentacija pukotina i setova pukotina strukturno-tektonske jedinice II.

U strukturno-tektonskoj jedinici II ukupno je izmjereno 36 orijentacija rasjeda koji su na svojim plohama sadržavali ostatke strija i perastih pukotina prema kojima je mogao biti određen karakter kretanja duž njih. Od toga je 22 reverznih, četiri normalna te devet rasjeda sa subhorizontalnim pomakom rasjednih krila. Rasjedi su svrstani u pripadajuće kinematske grupe i za svaku od grupa su napravljeni strukturni dijagrami. U tablici 2 na kraju opisa ove strukturno-tektonske jedinice prikazani su ukupni broj podataka za svaku grupu rasjeda, prosječne (srednje) vrijednosti orijentacija rasjednih ploha (smjera i kuta nagiba), srednja vrijednost kuta a-lineacije, srednja vrijednost orijentacije strija, te srednja vrijednost kinematskih osi (P i T osi).

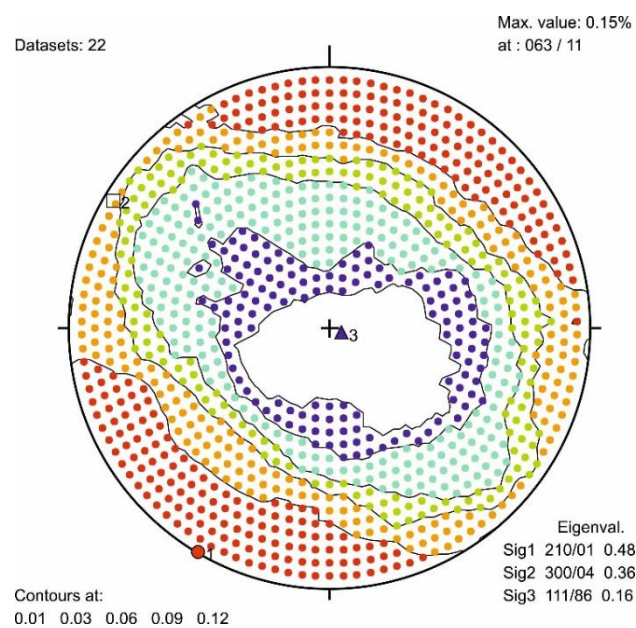
Grupa reverznih rasjeda strukturno-tektonske jedinice II (RR-2) sadrži 22 podatka među kojima dominiraju oni pružanja SZ–JI sa smjerom nagiba prema SI. Manji broj orijentacija rasjednih ploha ima pružanje generalno I(-JI)–Z(-SZ), a smjer nagiba prema

S(-SZ). Srednja vrijednost kuta nagiba rasjednih ploha za sve podatke je  $49^\circ$  (sl. 5.75, tabl. 2 za detalje).



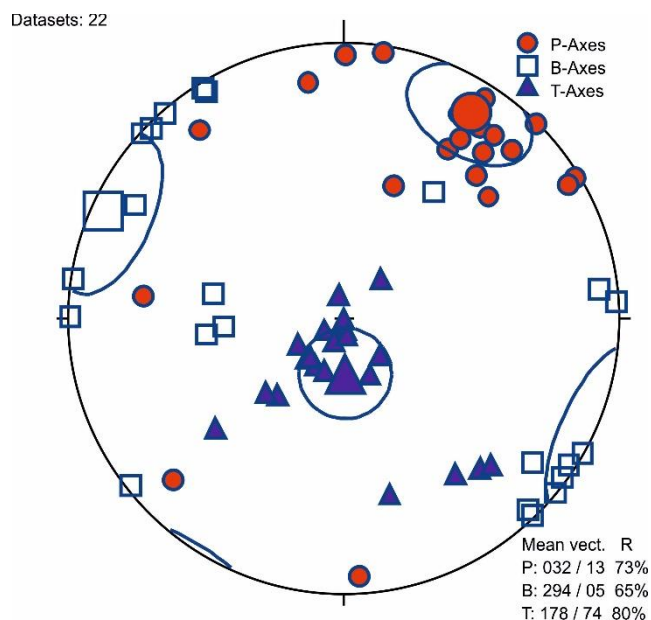
**Slika 5.75.** Reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice II (RR-2). Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i strukturnoga *beachball* dijagrama.

Strukturni dijagram i izračun osi paleonaprezanja metodom pravih diedara za ovu grupu reverznih rasjeda (RR-2) pokazuje da najveća os paleonaprezanja ima vrijednost orijentacije  $\sigma_1 = 210/1$  (sl. 5.76).



**Slika 5.76.** Strukturni dijagram pravih diedara za grupu reverznih rasjeda RR-2 s izračunom osi paleonaprezanja – najveća ( $\sigma_1$ ), srednja ( $\sigma_2$ ) i najmanja os naprezanja ( $\sigma_3$ ).

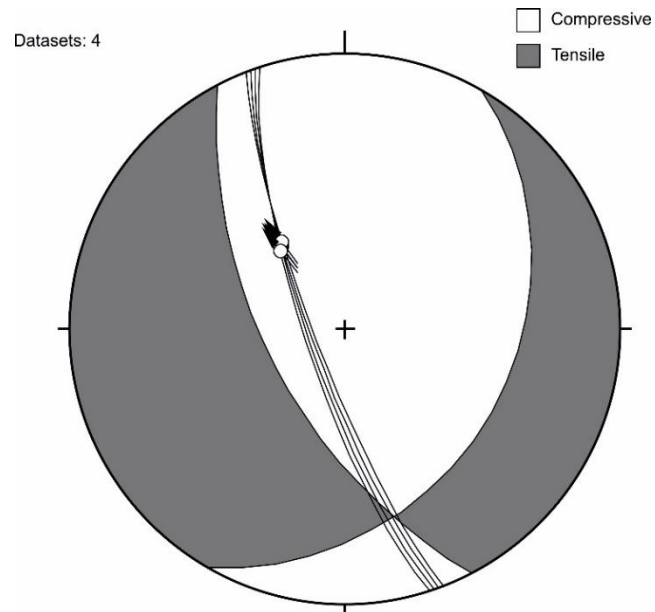
Kinematska analiza polja naprežanja pomoću metode P–T kinematskih osi (TURNER, 1953; MARRETT & ALLMENDINGER, 1990) pokazuje da su reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice II (RR-2) nastali u polju naprežanja s P-osi dominantnoga pružanja sjeveroistok–jugozapad (SI–JZ), dok T-os ima smjer nagiba prema jugu sa strmim kutom nagiba od  $74^\circ$  (sl. 5.77, tabl. 2 za detalje).



**Slika 5.77.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za reverzne rasjede (RR-2) strukturno-tektonske jedinice II.

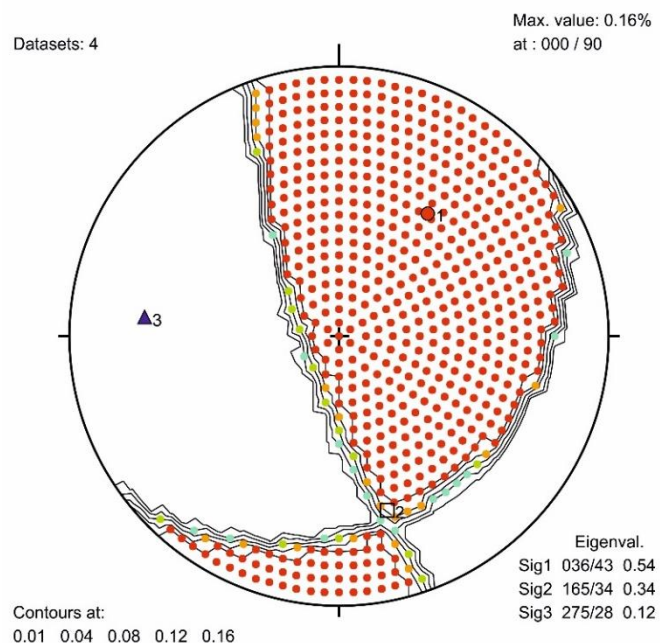
U strukturno-tektonskoj jedinici II su izmjerena i četiri podatka o orijentaciji rasjeda s normalnim karakterom kretanja. Oni su slične orijentacije, tj. subparalelnoga pružanja i približno istih smjerova nagiba, pa su svi svrstani u jednu grupu.

Grupa normalnih rasjeda strukturno-tektonske jedinice II (NR-2) sadrži četiri mjerena podatka s orijentacijom smjera nagiba rasjedne plohe prema Z(–JZ), srednje vrijednosti  $250^\circ$  i kutom nagiba od prosječno vrlo strmih  $79^\circ$  (sl. 5.78, tabl. 2 za detalje).



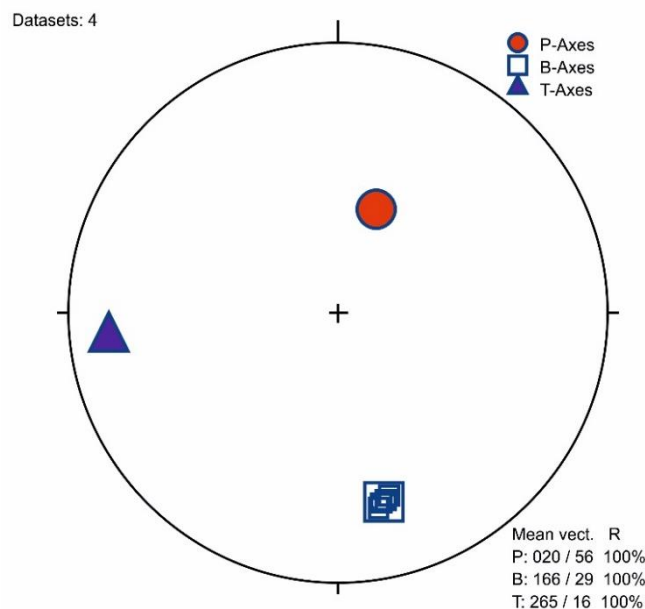
**Slika 5.78.** Normalni rasjedi strukturno-tektonske jedinice II (NR-2). Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i *beachball* dijagrama.

Izračunom glavnih osi paleonaprezanja metodom pravih diedara za normalne rasjede strukturno-tektonske jedinice II (NR-2) dobivena je vrijednost orijentacije  $\sigma_1$  od 36/43 (sl. 5.79).



**Slika 5.79.** Strukturni dijagram pravih diedara za normalne rasjede strukturno-tektonske jedinice II (NR-2) s izračunom osi paleonaprezanja – najveća ( $\sigma_1$ ), srednja ( $\sigma_2$ ) i najmanja os paleonaprezanja ( $\sigma_3$ ).

Kinematska analiza pokazuje da su normalni rasjedi strukturno-tektonske jedinice II (NR-2) nastali u transtenzijskom polju naprezanja s P-osi pružanja približno SI–JZ, smjera nagiba prema  $20^\circ$  i razmjerno strmim kutom nagiba od  $56^\circ$ , dok T-os ima smjer nagiba generalno prema Z ( $265^\circ$ ) s blagim kutom nagiba od  $16^\circ$  (sl. 5.80, tabl. 2 za detalje).

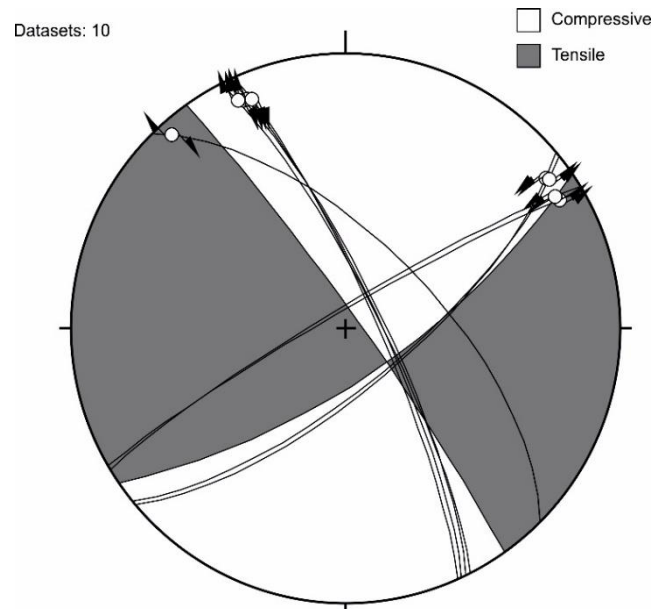


**Slika 5.80.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za normalne rasjede strukturno-tektonske jedinice II (NR-2).

Osim reverznih i normalnih rasjeda, u strukturno-tektonskoj jedinici II terenskim su istraživanjem mjereni i rasjedi s horizontalnim/subhorizontalnim pomakom. Evidentirano je deset takvih rasjeda koji su s obzirom na orijentacije i smjer pomaka rasjednih krila (desno i lijevo kretanje) kompatibilni jer u stvari predstavljaju konjugirane parove te su zato svrstani u jednu zajedničku grupu.

U grupu rasjeda sa subhorizontalnim pomakom strukturno-tektonske jedinice II (HR-2) svrstano je četiri rasjeda subparalelnog pružanja koji imaju lijevu komponentu kretanja rasjednih krila. Rasjedi su vrlo strmog do subvertikalnog kuta nagiba, ali suprotnih smjerova nagiba, što ukazuje da su svi mjereni podaci najvjerojatnije iz istoga subparalelnog seta, praktički istoga pružanja (SI–JZ) te vrlo vjerojatno ezetativnoga karaktera (promjena smjera nagiba duž pružanja subvertikalno na suprotne strane). Tako od četiri mjerena podatka dva imaju smjer nagiba prema JI, a dva prema SZ. U istu grupu rasjeda (HR-2) svrstano je i šest rasjeda s desnim karakterom kretanja koji prema svojim

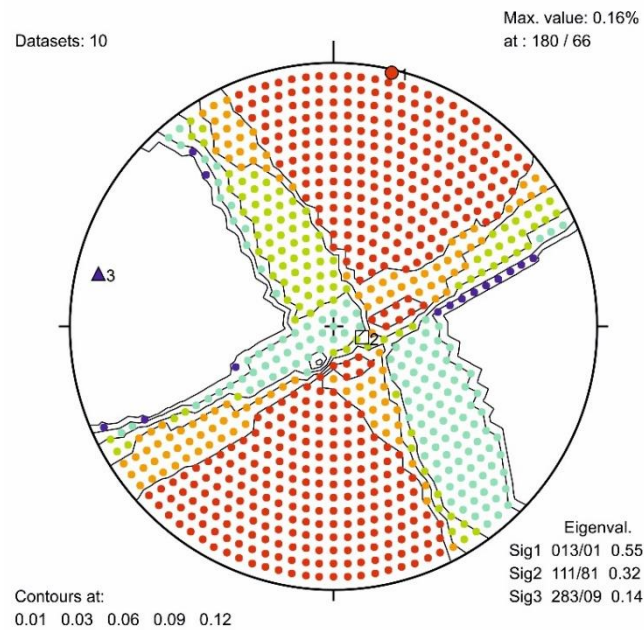
orijentacijama predstavljaju konjugirane parove opisanim lijevim rasjedima. Desni rasjedi ove grupe su svi pružanja SZ–JI, smjera nagiba prema SI i vrlo strmoga kuta nagiba. Kutovi nagiba svih rasjeda iz grupe HR-2 su vrlo strmi pa i subvertikalni, a srednja vrijednost im iznosi  $76^\circ$  (sl. 5.81, tabl. 2 za detalje).



**Slika 5.81.** Rasjedi sa subhorizontalnim pomakom strukturno-tektonske jedinice II (HR-2). Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i strukturnoga *beachball* dijagrama.

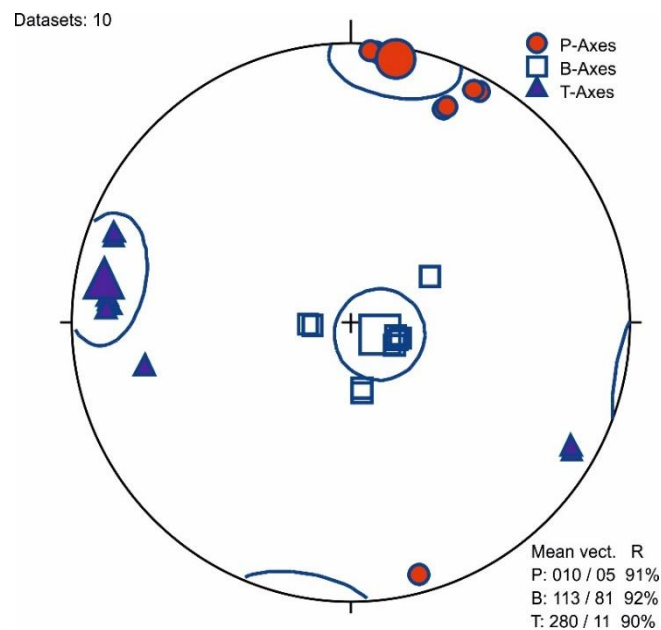
Strukturni dijagram i izračun osi paleonaprezanja metodom pravih diedara za rasjede sa subhorizontalnim pomakom u strukturno-tektonskoj jedinici II (HR-2) pokazuju da je orijentacija  $\sigma_1$  kao najveće osi 13/1 (sl. 5.82).





**Slika 5.82.** Strukturni dijagram pravih diedara za grupu rasjeda sa subhorizontalnim pomakom strukturno-tektonске јединице II (HR-2) s izračunom osi paleonaprezanja – najveća ( $\sigma_1$ ), srednja ( $\sigma_2$ ) i najmanja os paleonaprezanja ( $\sigma_3$ ).

Kinematska analiza pokazuje da je za nastanak ili reaktivaciju rasjeda sa subhorizontalnim pomakom u strukturno-tektonskoj jedinici II (grupa HR-2) zaslužno polje naprezanja s P-osi pružanja približno S–J (orijentacije 10/5), dok T-os ima smjer nagiba približno prema Z s blagim kutom nagiba – orijentacije 280/11 (sl. 5.83, tabl. 2 za detalje).



**Slika 5.83.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za grupu rasjeda s horizontalnim pomakom (HR-2) strukturno-tektonске јединице II.

**Tablica 2.** Srednje vrijednosti geometrijskih parametara svih mjerenih rasjeda u strukturno-tektonskoj jedinici II – paleogenska ljuskava struktura jugozapadnoga dijela Čićarije, s izračunatim kinematskim pokazateljima i parametrima. Tumač kratica: RR-2 – reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice II; NR-2 – normalni rasjedi strukturno-tektonske jedinice II; HR-2 – rasjedi sa subhorizontalnim pomakom strukturno-tektonske jedinice II. Tipovi rasjeda: R – reverzni; N – normalni; H – rasjedi s horizontalnim pomakom. ni – nije izračunato (rasjedne plohe imaju odstupanja u pružanjima i smjerovima nagiba). ni\* – nije izračunato (rasjedi s horizontalnim pomakom grupe HR-2 svojim orijentacijama predstavljaju međusobne konjugirane parove čije plohe se svojim pružanjima sijeku pod ostrim do pravim kutom).

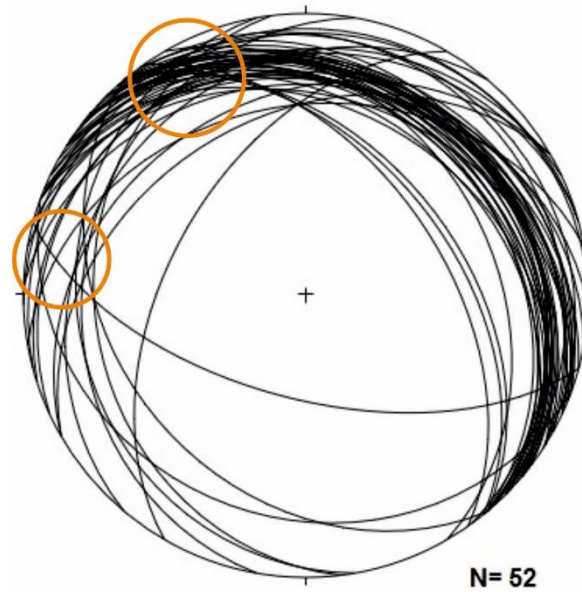
Grupa rasjeda	Broj podataka	Smjer nagiba (°)	Kut nagiba (°)	Kut a-lineacije (°)	Tip rasjeda	Strije (ls)		P-os		T-os	
						Smjer (°)	Kut (°)	Smjer (°)	Kut (°)	Smjer (°)	Kut (°)
RR-2	22	ni	49	77	R	ni	41	32	13	178	74
NR-2	4	250	79	60	N	322	59	20	56	265	16
HR-2	10	ni*	76	9	H	ni*	9	10	05	280	11

### 5.2.3. Strukturno-tektonska jedinica IIIa – Prva kredno–paleogenska navlačna struktura

Strukturno-tektonska jedinica IIIa se nalazi na jugoistočnom dijelu istraživanoga terena i površinski je najmanja izdvojena strukturno-tektonska jedinica. Od strukturno-tektonske jedinice II prema jugozapadu je odvojena **navlačnim rasjedom Rašpor–Brgudac**, njezina granica prema strukturno-tektonskoj jedinici IIIb je **navlačni rasjed Stražica–Čerišnjevica**, dok **navlačni rasjed Vrh od Šterne–Osapna** predstavlja granicu prema strukturno-tektonskoj jedinici IIIc (sl. 5.41, PRILOG 1). Po strukturno-geološkoj građi strukturno-tektonska jedinica IIIa predstavlja navlaku izgrađenu od gornjokrednih i paleogenskih naslaga koje su navučene na paleogensku ljuskavu strukturu strukturno-tektonske jedinice II. Navlačni kontakt se pruža otprilike između naselja Rašpora i Brgudac (sl. 5.41, PRILOG 1). U fronti te navlake su naslage jedinice FV koje su navučene preko dosta širokoga pojasa naslaga lapora litostratigrafske jedinice PN na ljuskavu paleogensku strukturu prema jugozapadu. Smjer nagiba rasjedne plohe je prema SI, a vergencija i tektonski transport prema JZ. Najvažnija strukturno-geološka razlika ove jedinice u odnosu na paleogensku ljuskavu strukturu prema jugozapadu je u tome da se ovdje na površini terena pojavljuju i starije stijene podloge, odnosno gornjokredne naslage neformalne litostratigrafske jedinice Gornji Humac (GH), što nije slučaj u ljuskavoj strukturi strukturno-tektonske jedinice II koju izgrađuju isključivo naslage litostratigrafskih jedinica FV, PN i FL (sl. 5.42, PRILOG 1). Na strukturno-tektonsku

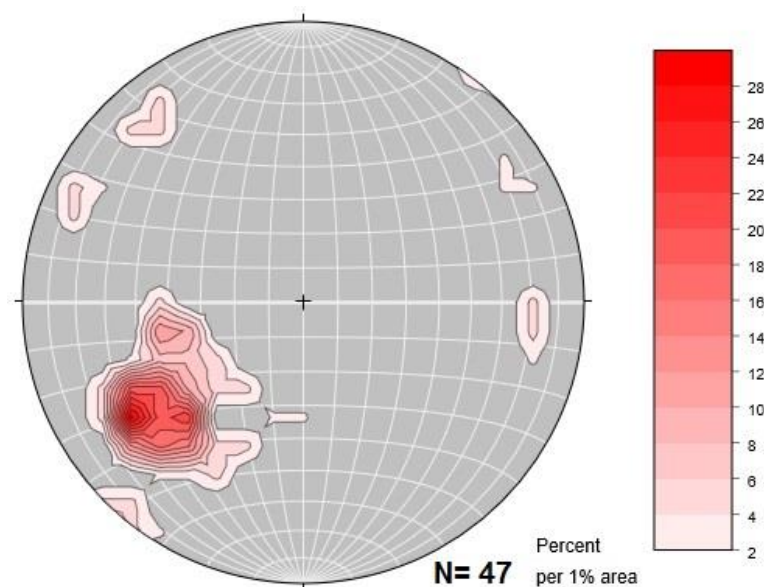
jedinicu IIIa, odnosno prvu kredno–paleogensku navlačnu strukturu na razmjerno maloj udaljenosti prema sjeveroistoku preko **navlačnog rasjeda Stražica–Čerišnjevica** slijedi druga kredno–paleogenska navlačna struktura koja predstavlja antiklinalu izgrađenu od gornjokrednih i paleogenskih karbonata. Ta navlaka je na **navlaku Rašpor–Brgudac**, tj. prvu kredno–paleogensku navlačnu strukturu navučena preko pojasa lapora litostratigrafske jedinice PN. **Navlačni rasjed Stražica–Čerišnjevica** je vrlo blagoga do subhorizontalnoga kuta nagiba, smjera tektonskoga transporta prema JZ, ali i promjenjive vergencije (PRILOG 1, PRILOG 2 – profili I–I', J–J' i K–K'). Naime, po svojem pružanju navedeni navlačni rasjed pretežito ima smjer nagiba prema SI, tj. JZ vergenciju, ali zbog vrlo blagoga do subhorizontalnoga nagiba plohe toga navlačnog rasjeda dolazi do nagloga „povijanja“ u pružanju ispod Brajkovoga vrha, a iznad Korita. U tom dijelu (sjeverno od Korita) ploha toga navlačnog rasjeda ima smjer nagiba prema JZ, tj. SI vergenciju s vrlo blagim kutom nagiba. Dalje slijedi još jedno „povijanje“ u pružanju navlačnoga kontakta te ponovna promjena orijentacije rasjedne plohe u smjer nagiba prema SI s blagim kutom nagiba te vergencije i smjera tektonskoga transporta prema JZ pri kojem su gornjokredne naslage litostratigrafskih jedinica Milna (MI) i Sv. Duh (SD) iz SI krila antiklinalne strukture (strukturno-tektonske jedinice IIIb) navučene na paleogenske naslage jedinice FV u području Županj vrha, što je vidljivo i na geološkim profilima J–J' i K–K' (sl. 5.41, PRILOG 1, PRILOG 2).

Dijagram slojevitosti strukturno-tektonske jedinice IIIa sadrži 52 terenski mjerena podatka orijentacije položaja sloja. Kao što je vidljivo na dijagramu najveći broj PS-a ima smjer nagiba prema SI (sl. 5.84). Znatno manji broj orijentacija slojevitosti ima smjer nagiba prema ZSZ i ZJZ, a ti smjerovi nagiba vezani su za slojevitost naslaga jedinica GH-a i FV-a u okolici Županj vrha (vidi PRILOG 1). Prosječni kut nagiba slojeva je 26°.



**Slika 5.84.** Strukturni dijagram orijentacije položaja slojeva (tragova ravnina slojevitosti) strukturno-tektonske jedinice IIIa – prve kredno–paleogenske navlačne strukture. Kružnicama narančaste boje su označene najgušće zone točaka sjecišta ravnina slojevitosti –  $\beta$ -presječnica, čija je orijentacija paralelna osima bora.

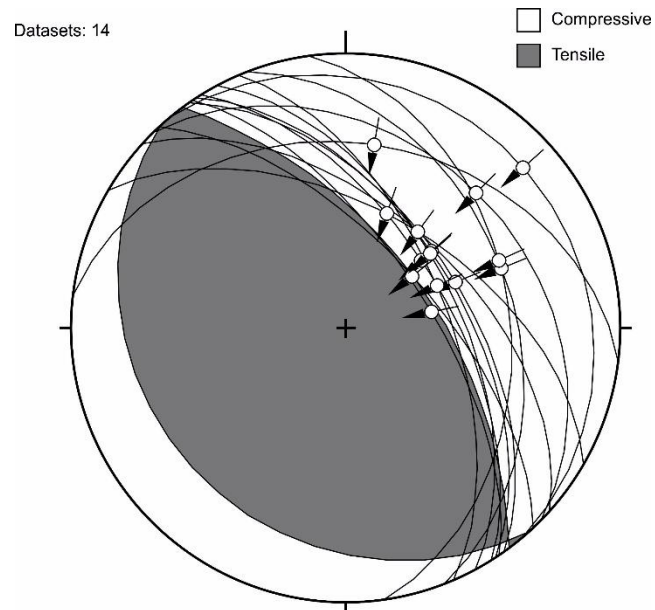
Konturni dijagram pukotina i pukotinskih sustava (setova pukotina) ove strukturno-tektonske jedinice sadrži 42 podatka o orijentaciji tih struktura (sl. 5.85). Iz dijagrama je vidljivo da dominira dinaridsko pružanje SZ–JI, a tek sporadično su prisutni diskontinuiteti poprečni na njega, pružanja SI–JZ. Kutovi nagiba pukotina su srednje vrijednosti oko  $56^\circ$ .



**Slika 5.85.** Strukturni dijagram orijentacija pukotina i pukotinskih sustava (setova pukotina) strukturno-tektonske jedinice IIIa.

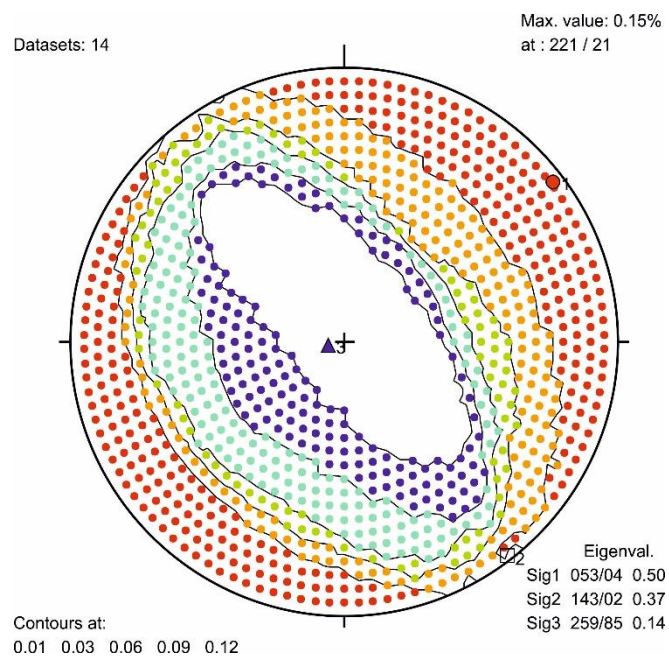
U strukturno-tektonskoj jedinici IIIa ukupno je na terenu izmjereno 13 orijentacija rasjeda i svi su reverznoga karaktera, što znači da rasjedi s normalnim i horizontalnim pomacima nisu zabilježeni unutar ove strukturno-tektonske jedinice. Moguće je da su i neke od terenski mjerenih ploha disjunktivnih struktura koje su svrstane u pukotine zapravo rasjedi s normalnim ili horizontalnim pomacima, međutim na tim plohamo nisu pronađeni nikakvi ostaci znakova kretanja pomoću kojih bi mogli utvrditi karakter rasjeda. Isto tako, u ovoj strukturno-tektonskoj jedinici ne postoje ni zabilježeni pomaci među litostratigrafskim jedinicama koji bi ukazivali na neki drugi tip rasjedanja osim reverznog. Svi reverzni rasjedi iz ove jedinice su s obzirom na smjerove nagiba dosta koherentni, pa ih nije bilo potrebno razvrstavati u manje podgrupe, nego su svi svrstani u jednu jedinstvenu grupu rasjeda koji su najvjerojatnije nastali u istom tektonskom događaju, tj. u kompresijskoj fazi istoga tektonskog ciklusa. U Tablici 3a na kraju ovoga potpoglavlja prikazani su detaljni podaci o ukupnom broju mjerenja rasjeda, prosječne (srednje) vrijednosti orijentacija rasjednih ploha (smjera i kuta nagiba), srednja vrijednost kuta a-lineacije, srednja vrijednost orijentacije strija te srednja vrijednost kinematskih P i T osi.

Reverzni rasjedi grupe RR-3a strukturno-tektonske jedinice IIIa (ukupno 14 podataka) pokazuju dominantan smjer nagiba prema SI, sa srednjom vrijednosti oko  $54^\circ$ , dok su im kutovi nagiba vrlo različiti, od vrlo blagih  $14^\circ$  (navlačni rasjedi) do dosta strmih reverznih rasjeda s kutom nagiba od  $66^\circ$  (sl. 5.86, tabl. 3a za detalje). Srednja vrijednost kuta nagiba za sve reverzne rasjede ove jedinice je oko  $49^\circ$ .



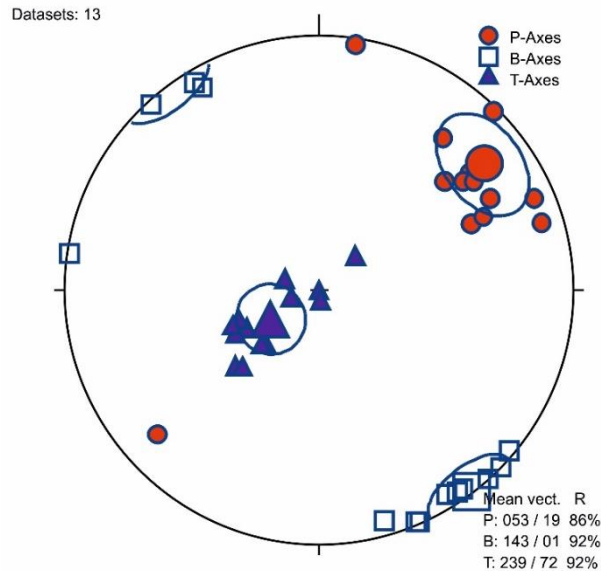
**Slika 5.86.** Reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice IIIa. Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i strukturnoga *beachball* dijagrama.

Strukturni dijagram izračuna osi paleonaprezanja metodom pravih diedara pokazuje da najveća os paleonaprezanja za reverzne rasjede ove strukturno-tektonske jedinice ima vrijednost  $\sigma_1 = 53/4$  (sl. 5.87).



**Slika 5.87.** Strukturni dijagram pravih diedara s izračunom osi paleonaprezanja (najveća –  $\sigma_1$ , srednja –  $\sigma_2$  i najmanja –  $\sigma_3$ ) za reverzne rasjede strukturno-tektonske jedinice IIIa.

Kinematska analiza polja naprezanja pomoću metode P–T kinematskih osi pokazuje da su reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice IIIa nastali (odnosno bili aktivni) u kompresijskom polju naprezanja s P-osi dominantnog pružanja SI–JZ, dok T-os ima smjer nagiba prema JZ s vrlo strmim kutom od  $72^\circ$  (sl. 5.88, tabl. 3a za detalje).



**Slika 5.88.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za reverzne rasjede strukturno-tektonske jedinice IIIa.

**Tablica 3a.** Srednje vrijednosti geometrijskih parametara svih mjenjenih rasjeda u strukturno-tektonskoj jedinici IIIa – prva kredno–paleogenska navlačna struktura, s izračunatim kinematskim pokazateljima i parametrima. Tumač kratica: RR-3a – reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice IIIa. Tipovi rasjeda: R – reverzni.

Grupa rasjeda	Broj podataka	Smjer nagiba (°)	Kut nagiba (°)	Kut a-lineacije (°)	Tip rasjeda	Strije (ls)		P-os		T-os	
						Smjer (°)	Kut (°)	Smjer (°)	Kut (°)	Smjer (°)	Kut (°)
RR-3a	14	54	49	86	R	50	49	53	19	239	72

#### 5.2.4. Strukturno-tektonska jedinica IIIb – Druga kredno–paleogenska navlačna struktura

Strukturno-tektonska jedinica IIIb se nalazi na jugoistočnom dijelu istraživana terena, od strukturno-tektonske jedinice IIIa je odvojena **navlačnim rasjedom Stražica–Čerišnjevica**, a od strukturno-tektonske jedinice II **navlačnim rasjedom Rašpor–Brgudac**, dok je njezina granica prema strukturno-tektonskoj jedinici IIIc jugoistočni dio pružanja **navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna** (sl. 5.41, PRILOG 1).

Po strukturno-geološkoj građi strukturno-tektonska jedinica IIIb predstavlja drugu navlaku izgrađenu od gornjokrednih i paleogenih naslaga koje su navučene dijelom na paleogensku ljuskavu strukturu strukturno-tektonske jedinice II, a dijelom i na prvu kredno–paleogensku navlačnu strukturu.

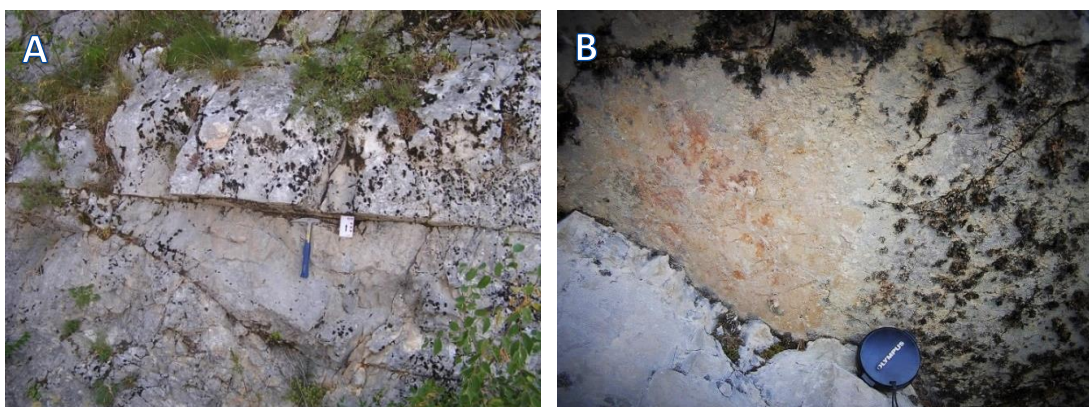
Upravo je **navlačni rasjed Rašpor–Brgudac** koji dovodi u kontakt strukturno-tektonsku jedinicu IIIb na strukturno-tektonsku jedinicu II (sl. 5.41, PRILOG 1 – navlačni rasjed označen brojem 2) izdvojen ovdje kao terenski primjer strukturno obrađenoga lokaliteta. To je navlačni rasjed koji dovodi u reverzan kontakt naslage gornje krede na paleogenske naslage, a strukturno je detaljnije analiziran u zasjeku makadamske ceste koja se od Račje Vasi pruža prema jugoistoku i povezuje to selo na Čičariji s Veprincem na padinama zapadno od Opatije. **Navlačni rasjed Rašpor–Brgudac** je u ovom dijelu predstavljen vrlo oštrom, ravnom i zaglađenom plohom uz koju su u kontaktu gornjokredne naslage litostratigrafske jedinice SD u krovinskom bloku, a paleogenske naslage jedinice FV u podinskom (sl. 5.89). Uzduž otvorenog visokog zasjeka makadamske ceste rasjed se može pratiti po pružanju i do 50 m.





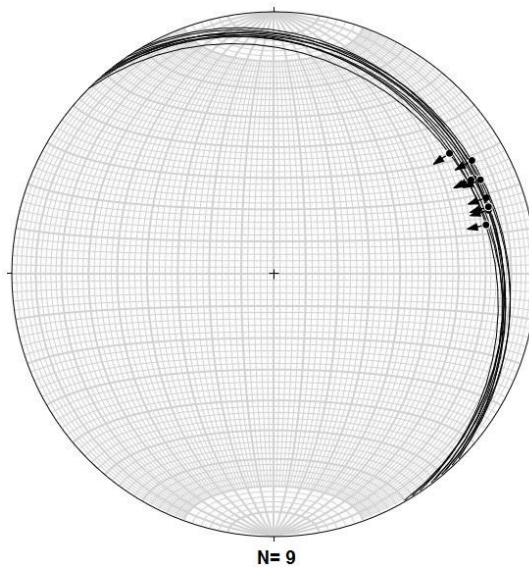
**Slika 5.89. Navlačni rasjed Rašpor-Brgudac** u zasjeku makadamske ceste za Veprinac. Lokacija točke je  $45^{\circ}25'6.7''\text{N}$ ,  $14^{\circ}7'3.4''\text{E}$ .

Navlačni kontakt je ravan i vrlo blagog kuta nagiba. Duž pružanja je promjenjivog smjera i kuta nagiba, tako da mjerena orijentacija plohe tog rasjeda iznosi  $R=45-60/14-20$ . Na nekoliko mjesta na rasjednoj plohi su ostale sačuvane kalcitne strije kao pokazatelj reverznoga karaktera kretanja (sl. 5.90A i B), međutim u ovom slučaju nedvojbeno je utvrđen i reverzni pomak između litostratigrafskih jedinica, jer je gornjokredna jedinica kao starija izdignuta na mlađu, paleogensku jedinicu. Kut a-lineacije kalcitnih strija je  $70-80^{\circ}$  od smjera  $J_1$ .



**Slika 5.90.** A) dio plohe **navlačnoga rasjeda Rašpor-Brgudac** s očuvanim ostacima kalcitnih strija (pogled sprijeda); B) ploha s kalcitnim strijama (pogled odozdo).

Izrađen je i strukturni dijagram s prikazom tragova ravnina toga rasjeda (sl. 5.91), a iz izmjerenih podataka izračunata je i orijentacija najvećega paleonaprezanja čija vrijednost iznosi  $\sigma_1 = 228/26$ .

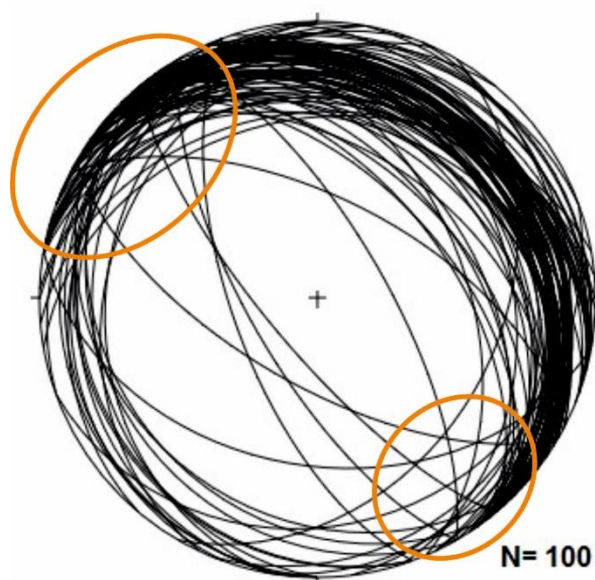


**Slika 5.91.** Stereogram tragova ravnina rasjedne plohe **navlačnoga rasjeda Rašpor–Brgudac** na lokaciji prikazanoj na slikama 5.89 i 5.90. Točke na tragovima ravnina označavaju orijentaciju strija, a strelice pokazuju smjer relativnoga kretanja krovinskoga krila. Dijagram je izrađen u programu FaultKinWin (MARRETT & ALLMENDINGER, 1990; ALLMENDINGER et al., 2012).

Strukturno-tektonska jedinica IIIb predstavlja antiklinalnu strukturu izgrađenu od gornjokrednih i paleogenskih karbonata (sl. 5.41, PRILOG 1). U jezgri su joj cenomanske naslage litostratigrafske jedinice MI, a u krilima naslage jedinice SD, pa GH te paleogenske naslage jedinice FV. Obilježje te antiklinale je pružanje osi SZ–JI (dinaridsko pružanje), a struktura razmjerno blago tone prema SZ. SI krilo bore je blaže, slojevi imaju smjer nagiba prema SI s kutom nagiba pretežito 20–30°, dok je JZ krilo puno strmije, slojevitost ima smjer nagiba prema JZ, a kutovi nagiba su sve veći idući dalje prema jugozapadu. Tako su kutovi nagiba slojevitosti naslaga jedinice FV u čeonom dijelu **navlake Stražica–Čerišnjevica** vrlo strmoga do subvertikalnoga kuta nagiba (65–85°).

Dijagram slojevitosti strukturno-tektonske jedinice IIIb sadrži 100 na terenu izmjerenih podataka orijentacije slojevitosti (sl. 5.92). Kao što je vidljivo na dijagramu najveći broj slojeva ima smjer nagiba prema SI, a prilično veliki broj i prema JZ, što potvrđuje da se tu radi o već opisanoj antiklinali koja izgrađuje drugu navlaku izgrađenu

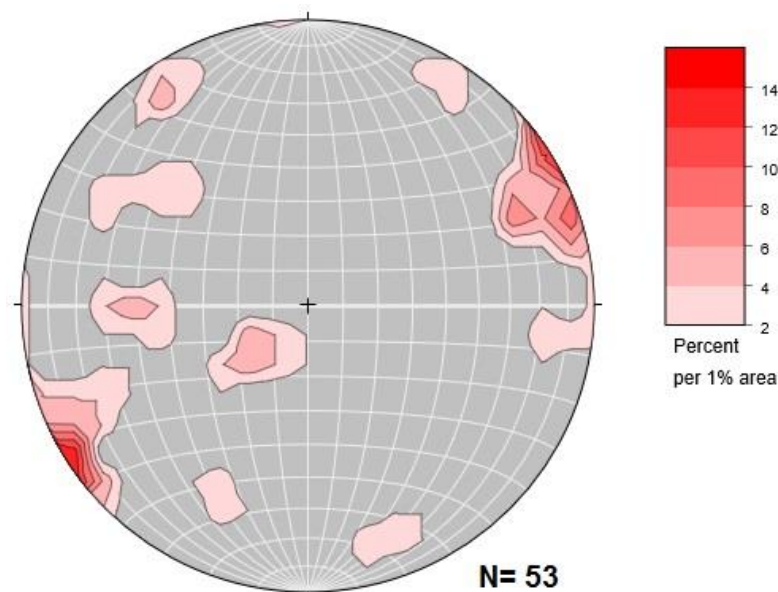
od kredno–paleogenskih naslaga i koja dominira ovom strukturno-tektonskom jedinicom. Prosječni kut nagiba slojeva je prilično blagih  $27^\circ$  zbog toga što dominiraju mjerenja slojevitosti iz SI, vrlo blagog krila bore, dok su znatno rjeđi strmiji kutovi nagiba vezani za JZ krilo antiklinale i imaju smjer nagiba prema JZ. Razlog što su mjerenja strmijih slojeva iz JZ krila te antiklinale razmjerno rijetka je i u činjenici da ti slojevi uglavnom pripadaju naslagama litostratigrafske jedinice FV koja i po svojim litološkim svojstvima vrlo često ne iskazuje jasnu slojevitost i nerijetko je na terenu slojevitost u naslagama te jedinice vrlo teško mjerljiva. Zbog toga i točke opažanja geološkoga kartiranja unutar tih naslaga sadrže puno manji broj podataka o orijentaciji slojeva nego točke opažanja u gornjokrednim naslagama litostratigrafskih jedinica MI i SD (rjeđe i GH) koje su puno jasnije i bolje slojevite.



**Slika 5.92.** Strukturni dijagram tragova ravnina slojevitosti strukturno-tektonske jedinice IIIb – druge kredno-paleogenske navlačne strukture. Narančastom bojom su označene najgušće zone točaka sjecišta ravnina slojevitosti –  $\beta$ -presječnica, čija je orijentacija paralelna b osi bore.

Strukturni konturni dijagram pukotina i setova pukotina ove strukturno-tektonske jedinice sadrži 53 podatka o orijentaciji tih disjunktivnih struktura (sl. 5.93). Iz dijagrama je vidljivo da dominira pružanje SZ–JI, tj. dinaridsko pružanje, što je paralelno s pružanjem osi b, odnosno osne ravnine antiklinale koja izgrađuje ovu strukturno-tektonsku jedinicu. Nekoliko podataka ukazuje na pružanje SI–JZ, tj. poprečno na pružanje osi b antiklinale, a nekoliko pukotina ima i pružanje generalno S–J, odnosno pod

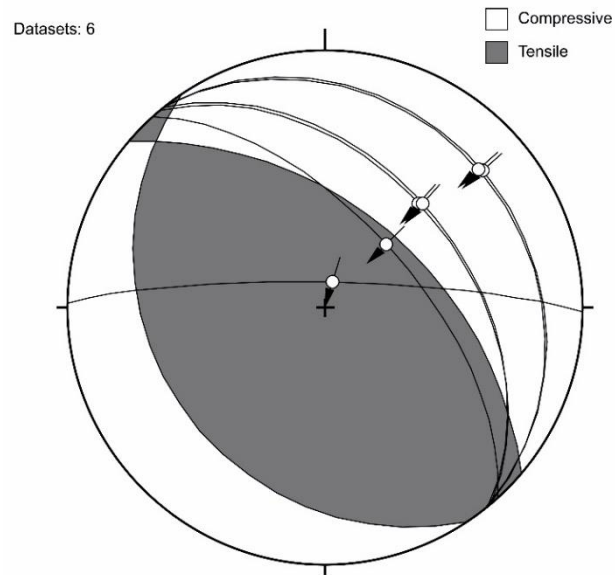
oštrim kutom prema dinaridskom pružanju osi b antiklinalne strukture. Kutovi nagiba pukotina su strmi, srednje vrijednosti  $67^\circ$ .



**Slika 5.93.** Konturni dijagram orijentacija pukotina i setova pukotina strukturno-tektonske jedinice IIIb.

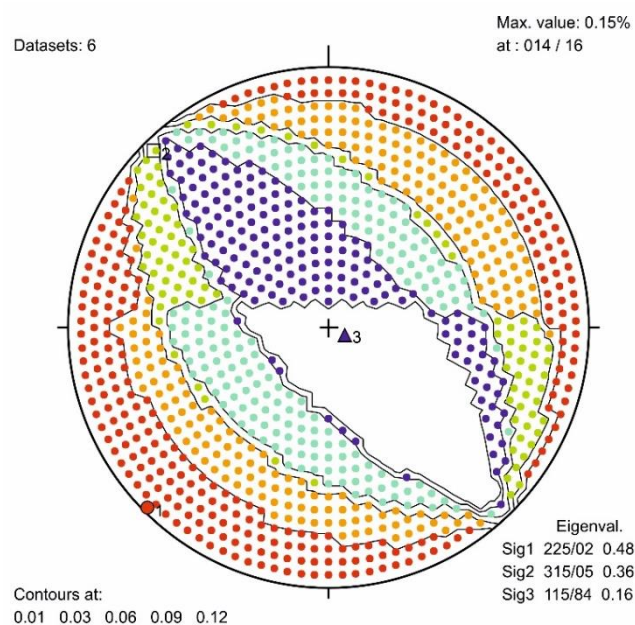
U strukturno-tektonskoj jedinici IIIb je ukupno terenski izmjereno 14 orijentacija rasjeda kojima je određen karakter kretanja. Od toga je šest reverznih te osam s horizontalnim pomakom rasjednih krila. Rasjedi s normalnim pomacima nisu utvrđeni unutar ove strukturno-tektonske jedinice. Reverzni rasjedi iz ove jedinice su, s obzirom na svoje smjerove nagiba, sukladni te kinematski kompatibilni pa ih nije bilo potrebno razvrstavati u manje podgrupe, dok su rasjedi s horizontalnim pomakom s obzirom na svoju orijentaciju i karakter kretanja (lijevo ili desno kretanje duž rasjedne plohe) podijeljeni u dvije podgrupe. U Tablici 3b na kraju ovoga potpoglavlja prikazani su detaljni podaci o ukupnom broju mjerenja za svaku podgrupu rasjeda, prosječne vrijednosti orijentacija rasjednih ploha (smjera i kuta nagiba), srednja vrijednost kuta a-lineacije, srednja vrijednost orijentacije strija, te srednja vrijednost kinematskih P i T osi.

Reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice IIIb (grupa RR-3b) imaju smjer nagiba prema SI, sa srednjom vrijednosti oko  $42^\circ$ , dok su im kutovi nagiba vrlo različiti, od vrlo blagih s kutom nagiba  $20\text{--}21^\circ$  (navlačni rasjedi) do vrlo strmih, subvertikalnih rasjednih ploha s kutom nagiba od  $82^\circ$  (sl. 5.94, tabl. 3b za detalje). Srednja je vrijednost kuta nagiba reverznih rasjeda grupe RR-3b oko  $46^\circ$ .



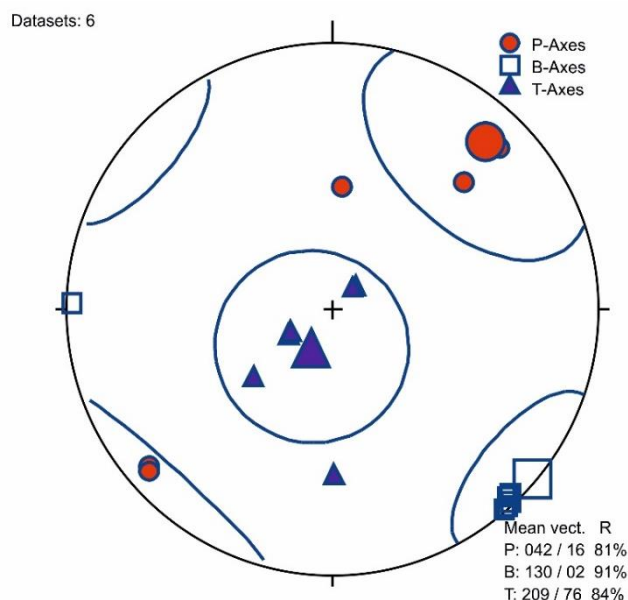
**Slika 5.94.** Reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice IIIb. Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i strukturnoga *beachball* dijagrama.

Izračun osi paleonaprezanja metodom pravih diedara pokazuje da najveća os paleonaprezanja za reverzne rasjede strukturno-tektonske jedinice IIIb ima vrijednost  $\sigma_1 = 225/2$  (sl. 5.95).



**Slika 5.95.** Strukturni dijagram pravih diedara s izračunom osi paleonaprezanja (najveća –  $\sigma_1$ , srednja –  $\sigma_2$  i najmanja –  $\sigma_3$ ) za reverzne rasjede strukturno-tektonske jedinice IIIb.

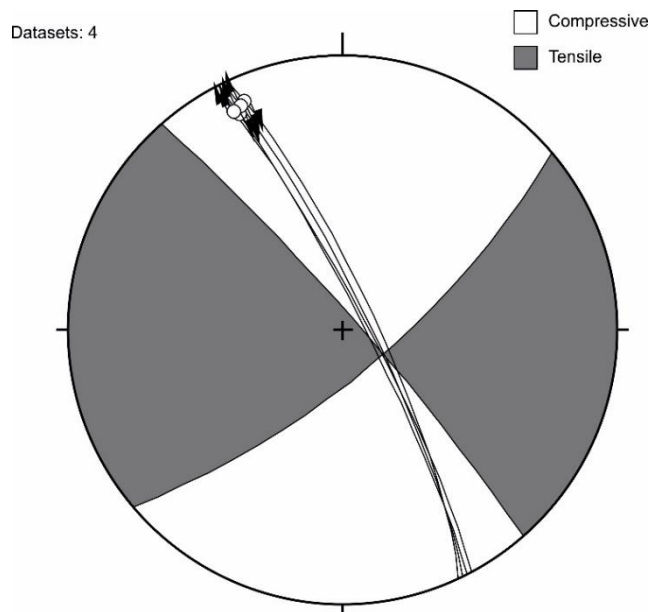
Kinematska analiza polja naprezanja pomoću metode P–T kinematskih osi pokazuje da su reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice IIIb nastali ili bili aktivni u kompresijskom polju naprezanja s P-osi dominantnoga pravca pružanja SI–JZ, dok T-os ima smjer nagiba prema JZ s vrlo strmim kutom nagiba od  $76^\circ$  (sl. 5.96, tabl. 3b za detalje).



**Slika 5.96.** Strukturni dijagram s kinematskim P-T osima za reverzne rasjede strukturno-tektonske jedinice IIIb.

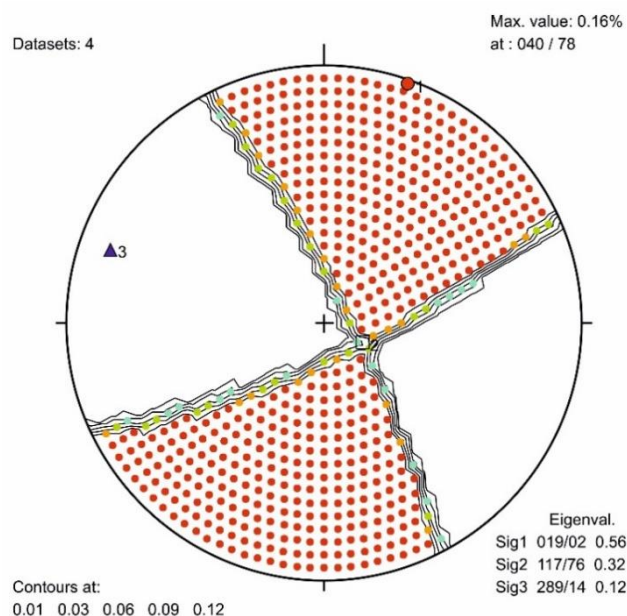
Osim reverznih rasjeda, u strukturno-tektonskoj jedinici IIIb terenski je zabilježeno i osam orijentacija rasjeda koji imaju horizontalni pomak. Svi oni imaju desni karakter kretanja rasjednih krila, ali su, kao što je već navedeno ranije u tekstu, na osnovu kinematske kompatibilnosti u mjerenim orijentacijama podijeljeni u dvije manje podgrupe: HR-3b-a i HR-3b-b.

U prvu podgrupu rasjeda s horizontalnim pomakom strukturno-tektonske jedinice IIIb (HR-3b-a) svrstana su četiri rasjeda subparalelnoga pružanja SZ–JI s desnim kretanjem rasjednih krila. Plohe tih rasjeda imaju smjer nagiba prema SI (prosječno  $64^\circ$ ) i vrlo su strmoga do subvertikalnoga kuta nagiba, srednje vrijednosti  $82^\circ$  (sl. 5.97, tabl. 3b za detalje).



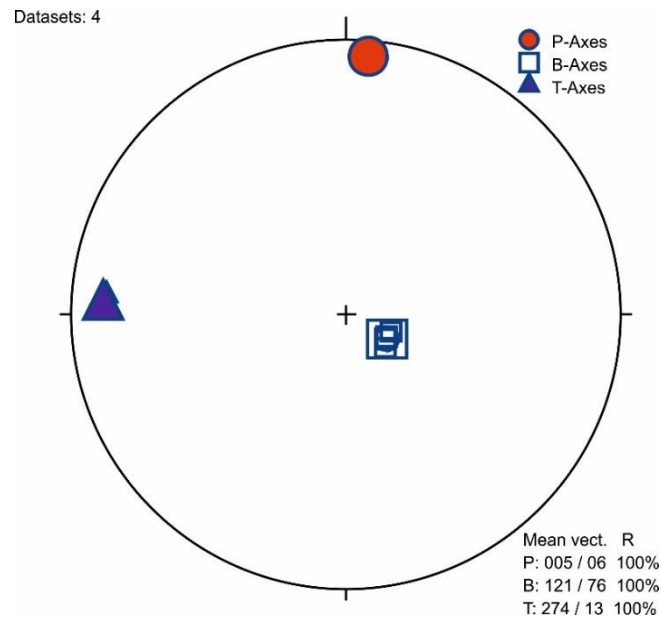
**Slika 5.97.** Rasjedi s horizontalnim desnim pomakom prve podgrupe strukturno-tektonske jedinice IIIb (HR-3b-a). Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i strukturnoga *beachball* dijagrama.

Strukturni dijagram izračuna osi paleonaprezanja metodom pravih diedara za rasjede s horizontalnim pomakom ove podgrupe pokazuje da najveća os  $\sigma_1$  ima orijentaciju 19/2 (sl. 5.98).



**Slika 5.98.** Strukturni dijagram pravih diedara s izračunom osi paleonaprezanja (najveća –  $\sigma_1$ , srednja –  $\sigma_2$  i najmanja –  $\sigma_3$ ) za rasjede s horizontalnim pomakom prve podgrupe strukturno-tektonske jedinice IIIb (HR-3b-a).

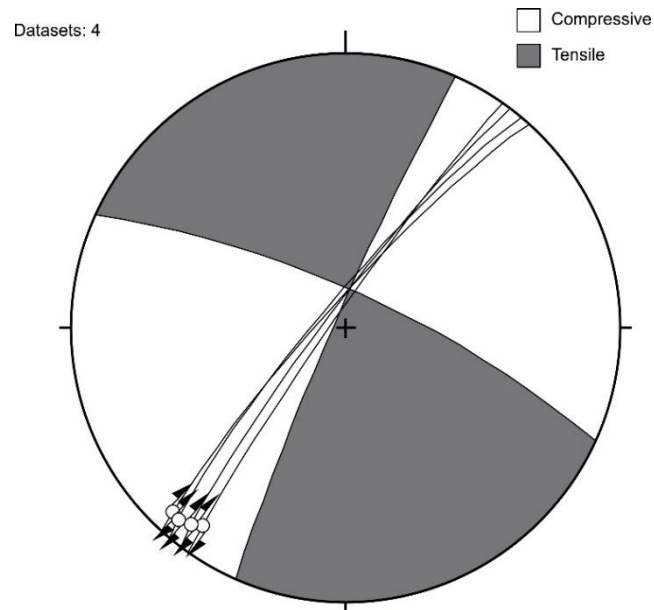
Analiza P–T kinematskih osi pokazuje da su ovakvi rasjedi s horizontalnim pomakom prve podgrupe strukturno-tektonske jedinice IIIb (HR-3b-a) bili aktivni u polju naprežanja s P-osi pružanja približno S–J (orijentacije 5/6), a T-os im je smjera nagiba približno prema Z (sl. 5.99, tabl. 3b za detalje).



**Slika 5.99.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za prvu podgrupu rasjeda s horizontalnim pomakom (HR-3b-a) strukturno-tektonske jedinice IIIb.

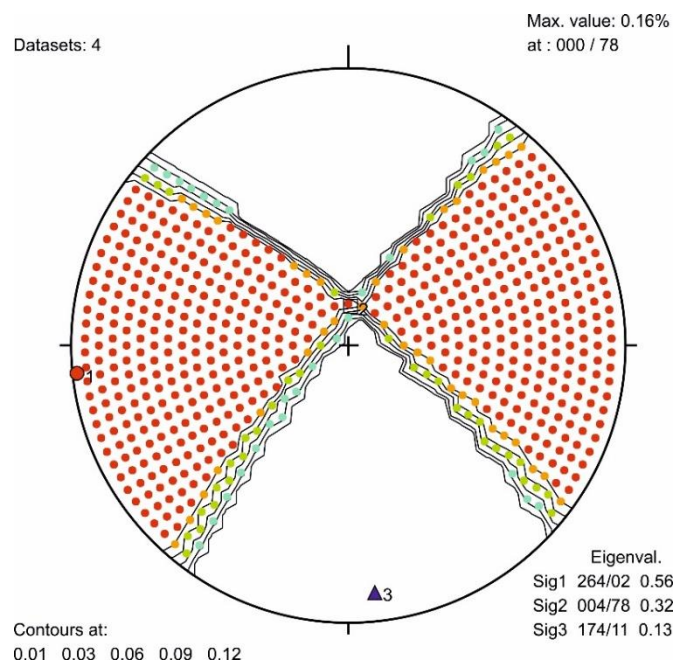
U drugoj podgrupi rasjeda s horizontalnim pomakom (HR-3b-b) ove strukturno-tektonske jedinice nalaze se desni rasjedi sa smjerovima nagiba prema SZ (prosječno  $309^\circ$ ). Takvih rasjeda ima ukupno četiri i svi imaju subvertikalni kut nagiba, srednje vrijednosti  $84^\circ$  (sl. 5.100, tabl. 3b za detalje).





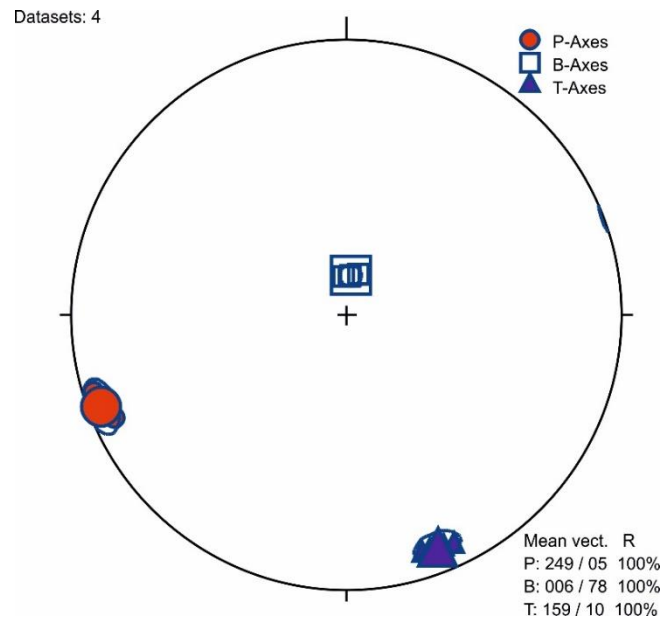
**Slika 5.100.** Rasjedi s horizontalnim desnim pomakom druge podgrupe strukturno-tektonske jedinice IIIb (HR-3b-b). Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i strukturnoga *beachball* dijagrama.

Strukturni dijagram izračuna osi paleonaprezanja metodom pravih diedara za rasjede s horizontalnim pomakom druge podgrupe strukturno-tektonske jedinice IIIb pokazuje vrijednost orijentacije najveće osi  $\sigma_1 = 264/2$  (sl. 5.101).



**Slika 5.101.** Strukturni dijagram pravih diedara s izračunom osi paleonaprezanja (najveća –  $\sigma_1$ , srednja –  $\sigma_2$  i najmanja –  $\sigma_3$ ) za rasjede s horizontalnim pomakom druge podgrupe strukturno-tektonske jedinice IIIb (HR-3b-b).

Kinematska analiza P–T osi pokazuje da su rasjedi s horizontalnim pomakom iz druge podgrupe strukturno-tektonske jedinice IIIb (HR-3b-b) bili aktivni u polju naprezanja s P-osi pravca pružanja približno (I)SI–(Z)JZ, orijentacije 249/5, dok T-os ima smjer nagiba približno prema (J)JI, orijentacije 159/10 (sl. 5.102, tabl. 3b za detalje).



**Slika 5.102.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za drugu podgrupu rasjeda s horizontalnim pomakom (HR-3b-b) strukturno-tektonske jedinice IIIb.

**Tablica 3b.** Srednje vrijednosti geometrijskih parametara svih mjerenih rasjeda u strukturno-tektonskoj jedinici IIIb – druga kredno–paleogenska navlačna struktura, s izračunatim kinematskim pokazateljima i parametrima. Tumač kratica: RR-3b – reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice IIIb; HR-3b-a – rasjedi s horizontalnim pomakom prve podgrupe strukturno-tektonske jedinice IIIb; HR-3b-b – rasjedi s horizontalnim pomakom druge podgrupe strukturno-tektonske jedinice IIIb. Tipovi rasjeda: R – reverzni; H – rasjedi s horizontalnim pomakom.

Grupa/ podgrupa rasjeda	Broj podataka	Smjer nagiba (°)	Kut nagiba (°)	Kut a-lineacije (°)	Tip rasjeda	Strije (ls)		P-os		T-os	
						Smjer (°)	Kut (°)	Smjer (°)	Kut (°)	Smjer (°)	Kut (°)
RR-3b	6	42	46	87	R	40	46	42	16	209	76
HR-3b-a	4	64	82	12	H	335	12	5	06	274	13
HR-3b-b	4	309	84	10		219	10	249	05	159	10

### 5.2.5. Strukturno-tektonska jedinica IIIc – Treća kredno–paleogenska navlačna struktura

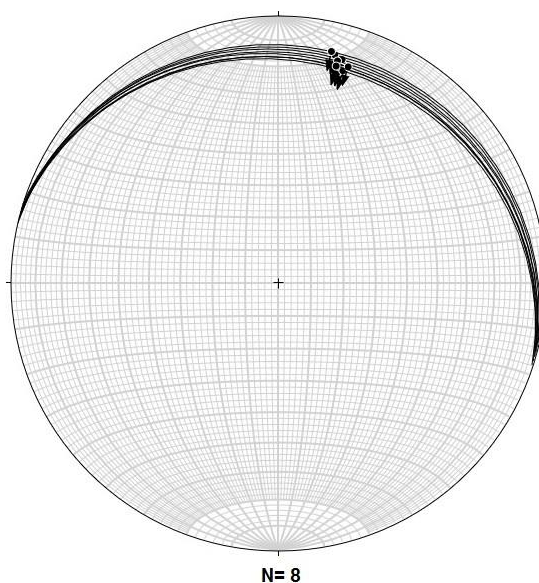
Strukturno-tektonska jedinica IIIc je po strukturnoj i geološkoj građi vrlo slična jedinicama IIIa i IIIb. Ona se nalazi na IJI dijelu istraživanoga područja, a ograničena je **navlačnim rasjedom Vrh od Šterne–Osapna** (njegovim istočnim dijelom) kojim je prema JZ odvojena od strukturno-tektonskih jedinica IIIa i IIIb, dok joj granicu prema SI predstavlja **navlačni rasjed Gradina–Žejane** kojim je odvojena od strukturno-tektonske jedinice IV (sl. 5.41, PRILOG 1). Ova strukturno-tektonska jedinica predstavlja treću po redu navlaku izgrađenu od gornjokrednih i paleogenskih naslaga koja je navučena na dvije prethodno opisane koje izgrađuju strukturno-tektonske jedinice IIIa i IIIb.

Terenski dobro vidljiv segment **navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna** nalazi se na lokaciji 45°26'5.4"N, 14°7'32.8"E (sl. 5.103). Taj rasjed na ovom dijelu svojega pružanja dovodi u navlačni kontakt **strukturno-tektonsku jedinicu IIIc** i **strukturno-tektonsku jedinicu IIIb** (sl. 5.41, PRILOG 1 – rasjed označen brojem 4). I u ovom primjeru se radi o vrlo oštrom, razmjerno ravnom i mjestimice zaglađenom navlačnom rasjedu koji je doveo u kontakt gornjokredne naslage litostratigrafske jedinice SD na paleogene naslage jedinice FV.



**Slika 5.103.** Navlačni rasjed **Vrh od Šterne–Osapna** na lokaciji 45°26'5.4"N, 14°7'32.8"E. U krovinskom bloku su gornjokredne naslage jedinice Sv. Duh, a u podinskom su paleogeni foraminiferski vapnenci.

Rasjedna ploha je ravna i vrlo blagoga kuta nagiba. Duž pružanja blago je promjenjivog smjera i kuta nagiba, tako da su mjerene orijentacije plohe tog rasjeda  $R = 13\text{--}18/12\text{--}18$ . Na samoj rasjednoj plohi, vjerojatno uslijed otapanja i korozije vapnenaca, nisu ostali sačuvani tragovi kretanja. No, s obzirom da su u krovinskom bloku starije, a u podinskom mlađe naslage jasan je navlačni karakter kretanja, posebice u istraživanom strukturnom sklopu. Stoga je kod izračuna osi paleonaprezanja za kut  $\alpha$ -lineacije pretpostavljena vrijednost od  $90^\circ$ . Na taj način izračunata najveća os paleonaprezanja ima orijentaciju  $\sigma_1 = 195/27$ , što ukazuje da je smjer tektonskoga transporta bio prema JJZ (sl. 5.104).



**Slika 5.104.** Strukturni dijagram tragovala ravnina **navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna** na izdvojenoj lokaciji. Točke na tragovima ravnina označavaju orijentaciju strija, a strelice pokazuju smjer relativnoga kretanja krovinskoga krila. Dijagram je izrađen u programu FaultKinWin (MARRETT & ALLMENDINGER, 1990; ALLMENDINGER et al., 2012).

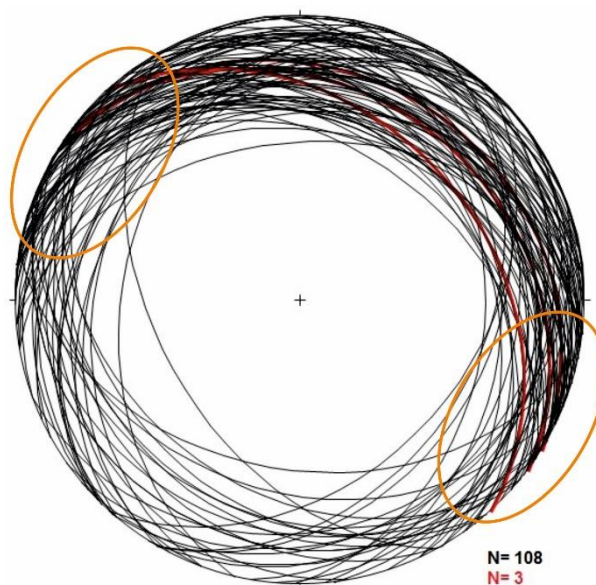
Ovakav navlačni kontakt litostratigrafske jedinice SD na naslage jedinice FV utvrđen je i mjereno na više lokacija lateralno od opisane točke. I na tim je lokalitetima orijentacija rasjeda promjenjivoga smjera i kuta nagiba, ali je uglavnom dinaridskoga pružanja (SZ–II) i gotovo uvijek JZ (rjeđe i J) vergencije. Tako je npr. istočnije od ove točke **navlačnom rasjedu Vrh od Šterne–Osapna** izmjerena orijentacija 53/28, što je vidljivo i na geološkoj karti (PRILOG 1) u obliku maloga zakretanja u pružanju toga rasjeda, odnosno ponovnoga poprimanja dinaridskoga pružanja dalje prema jugoistoku.

U strukturno-geološkom smislu strukturno-tektonsku jedinicu IIIc izgrađuje antiklinalna struktura koja je u prebačenom položaju (**prebačena antiklinala Kopitnjak** – sl. 5.41, PRILOG 1). U jezgri te bore se nalaze gornjokredne naslage litostratigrafske

jedinice SD koje su prema jugozapadu, u JZ krilu antiklinale u prebačenom položaju. Na naslagama jedinice SD u krovini dalje prema jugozapadu slijede gornjokredne naslage jedinice GH koje su također u prebačenom položaju. Osnova ploha opisane bore ima smjer nagiba prema SI, a vergencija joj je prema JZ. JZ krilo **prebačene antiklinale Kopitnjak** je preko navlačnoga rasjeda u kontaktu s drugom kredno–paleogenskom navlačnom strukturom, tj. strukturno-tektonskom jedinicom IIIb. SI krilo bore izgrađeno od naslaga jedinice SD je u normalnom položaju i dalje prema sjeveroistoku je preko navlačnoga rasjeda (koji je u ovome dijelu SI vergencije, sa smjerom nagiba rasjedne plohe pod vrlo blagim kutom prema JZ) u kontaktu s antiklinalom izgrađenom od kredno–paleogenkih naslaga kojoj su u jezgri naslage jedinice MI (sl. 5.41, PRILOG 1). Dalje prema sjeverozapadu (ZSZ od vrha Kopitnjak – PRILOG 1), u strukturno-tektonskoj jedinici IIIc se gube obilježja prebačene antiklinalne strukture te su gornjokredne naslage jedinica SD i GH u ovom dijelu u normalnom položaju i uz granični **navlačni rasjed Vrh od Šterne–Osapna** su prema jugozapadu navučene na strukturno-tektonsku jedinicu IIIa (sl. 5.41, PRILOG 1).

Najvažnije obilježje strukturno-tektonske jedinice IIIc predstavlja pojava tektonskih okana i navlačaka na površini terena. U tektonskim oknima se pojavljuju podinske paleogenske naslage litostratigrafske jedinice FV koje su najmlađe naslage u ovom dijelu terena. Nesumnjivo je da se radi o istim naslagama FV-a iz strukturno-tektonske jedinice IIIb, iz druge navlake izgrađene od kredno–paleogenkih naslaga, na koje je dalje prema sjeveroistoku navučena treća navlaka, odnosno strukturno-tektonska jedinica IIIc (sl. 5.41, PRILOG 1). Takve pojave tektonskih okana su ujedno i pokazatelj da je **granični navlačni rasjed Vrh od Šterne–Osapna** u ovom dijelu vrlo blagog do subhorizontalnog kuta nagiba te promjenjive geometrije i vergencije, kao što je to vidljivo i na geološkim profilima H–H', I–I' i J–J' (PRILOG 2) i geološkoj karti (PRILOG 1). Pojava navlačaka u kojima se nalaze najstarije stijene istraživanoga područja, naslage otriva litostratigrafske jedinice DR, ukazuju na to da su to erozijski ostaci navlake koja se prostire na terenu SI od navlačaka, a koja u svojem čeonom dijelu sadrži naslage DR-a. Ovakav današnji položaj navlačaka jasno ukazuje na zaključak da **granični navlačni rasjed Gradina–Žejane**, kojim su donjokredne naslage navučene na gornjokredne prema JZ, ima vrlo blagi do subhorizontalni kut nagiba, što je prikazano i na geološkom profilu H–H' (PRILOG 2).

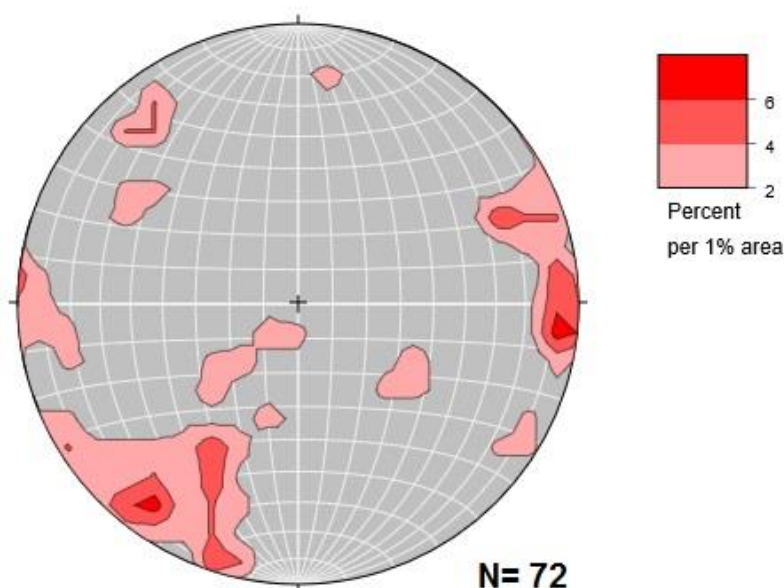
Dijagram slojevitosti strukturno-tektonske jedinice IIIc sadrži 111 mjerenih podataka orijentacije slojeva. Od toga ih je 108 u normalnom, a tri su mjerena sloja u prebačenom položaju i oni su na dijagramu označeni crvenim tragovima ravnina (sl. 5.105). Prebačeni slojevi su mjereni u JZ prebačenom krilu **prebačene antiklinale Kopitnjak**. Mjerenih orijentacija prebačenih slojeva ima malo iz više razloga. Površinsko rasprostiranje JZ prebačenoga krila **prebačene antiklinale Kopitnjak** je razmjerno usko, a naslage jedinica SD i GH su vrlo raspucane vjerojatno zbog blizine **graničnoga navlačnog rasjeda Vrh od Šterne–Osapna**, odnosno navlačenja cijele strukture u smjeru JZ te zbog toga slojevitost naslaga u tom dijelu nije jasno izražena. Iz dijagrama je vidljivo da dominiraju smjerovi nagiba prema SI, a značajan dio smjerova nagiba je i prema Z i SZ. Oni su prvenstveno vezani za tjemeni dio prebačene bore, a dio njih, kao i oni sa smjerom nagiba prema JZ, su dio strukture SI dijela strukturno-tektonske jedinice IIIc, JJZ od **graničnoga navlačnog rasjeda Gradina–Žejane** tj. antiklinalne strukture izgrađene od kredno–paleogenskih naslaga. Srednja vrijednost kutova nagiba slojevitosti je 24°.



**Slika 5.105.** Strukturni dijagram tragova ravnina slojevitosti strukturno-tektonske jedinice IIIc – treće kredno–paleogenske navlačne strukture. Narančastom bojom su označene najgušće zone točaka sjecišta ravnina slojevitosti –  $\beta$ -presječnica, čija je orijentacija paralelna osima bora.

Strukturni konturni dijagram pukotina i pukotinskih sustava ove strukturno-tektonske jedinice sadrži 26 terenski mjerenih orijentacija (sl. 5.106). Iz dijagrama je uočljivo da je dominantno pružanja pukotina SZ–JI, tj. dinaridski pravac te da postoje dva

sporedna, odnosno sustav poprečan na njega pružanja SI–JZ i pukotinski sustav pružanja S–J. S obzirom na **prebačenu antiklinalu Kopitnjak** koja dominira i najvećim dijelom izgrađuje strukturno-tektonsku jedinicu IIIc, a čija b os i osna ploha imaju dinaridsko pružanje, može se zaključiti da su navedena tri pukotinska sustava pružanja pukotina paralelna (SZ–JI), poprečna (SI–JZ) te pod oštrim kutom (pružanje S–J) u odnosu na osnu plohu strukture, odnosno b os te antiklinale. Srednja vrijednost kutova nagiba pukotina je  $66^\circ$ .

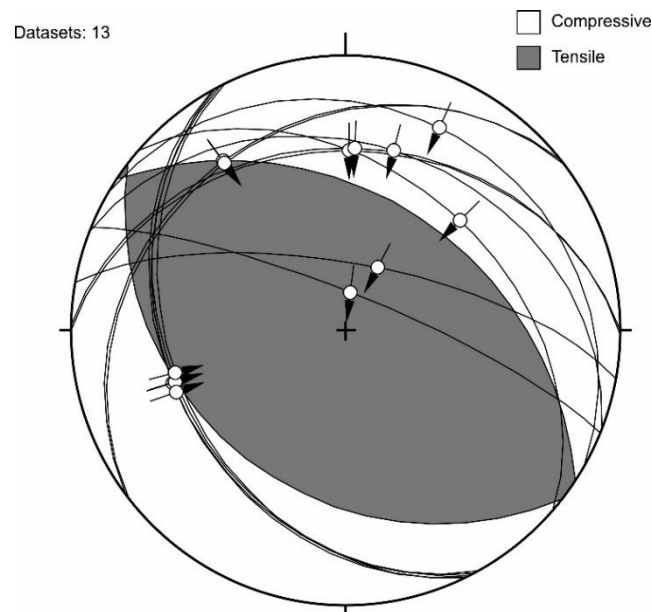


**Slika 5.106.** Konturni dijagram orijentacija pukotina i setova pukotina strukturno-tektonske jedinice IIIc.

U strukturno-tektonskoj jedinici IIIc ukupno je izmjereno 13 orijentacija rasjeda i sva mjerenja ukazuju na reverzni karakter kretanja. Normalni i rasjedi sa subhorizontalnim pomakom su moguće također prisutni, ali tijekom terenskih istraživanja nisu utvrđeni. Razloga za to može biti više, a najčešći su nemogućnost mjerenja zbog slabo vidljivih ili nepristupačnih paraklaza, ili pak mjerene plohe nisu sadržavale vidljive strije ili sačuvane druge kinematske pokazatelje prema kojima bi se mogao odrediti karakter pomaka. Isto tako, uz neke mjerene plohe koje su moguće i rasjedne nije ostvaren vidljiv pomak među litostratigrafskim jedinicama koji bi upućivao na karakter kretanja. Zbog toga su sve disjunktivne strukture kojima nije bilo moguće odrediti kretanje blokova koje presijecaju i razdvajaju stijensku masu (a među kojima je moguće bilo i normalnih i rasjeda sa subhorizontalnim pomakom) mjerene kao pukotine.

Reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice IIIc su, bez obzira na donekle različite smjerove nagiba rasjednih ploha, zbog razmjerno malog broja mjerenih podataka svi svrstani u jednu grupu. U Tablici 3c na kraju ovoga potpoglavlja prikazani su detaljni podaci o ukupnom broju mjerenja za ovu grupu reverznih rasjeda, srednje vrijednosti kuta nagiba rasjednih ploha (prosječan smjer nagiba nije računat zbog značajnijeg odstupanja u vrijednostima), srednja vrijednost kuta a-lineacije, srednja vrijednost orijentacije kuta nagiba strija (ls), te srednja vrijednost kinematskih osi (P i T osi).

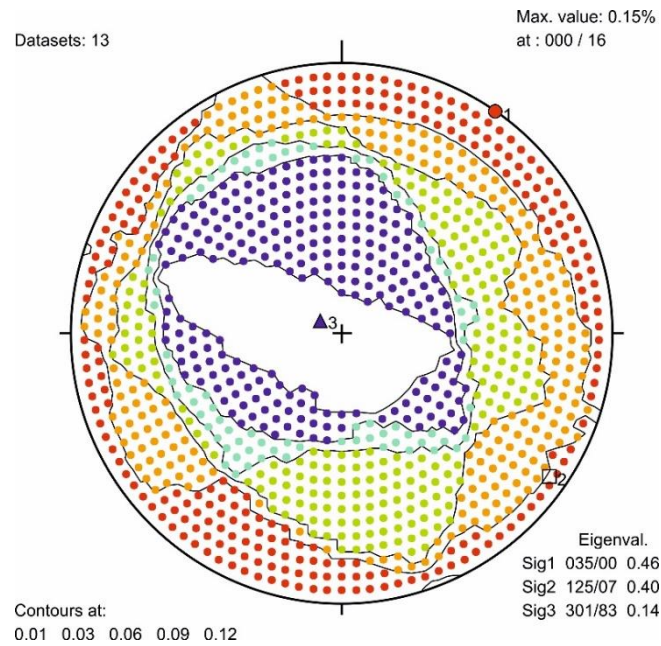
Reverzni rasjedi grupe RR-3c ove strukturno-tektonske jedinice pokazuju dva dominantna smjera nagiba: prema SI, sa srednjom vrijednosti od  $25^\circ$  te prema Z-SZ. Kutovi nagiba rasjednih ploha su vrlo različiti, od vrlo blagih  $20^\circ$  (navlačni rasjedi) do vrlo strmih, subvertikalnih reverznih rasjeda s kutom nagiba od  $79^\circ$  (sl. 5.107, tabl. 3c za detalje).



**Slika 5.107.** Reverzni rasjedi grupe RR-3c strukturno-tektonske jedinice IIIc. Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i strukturnoga *beachball* dijagrama.

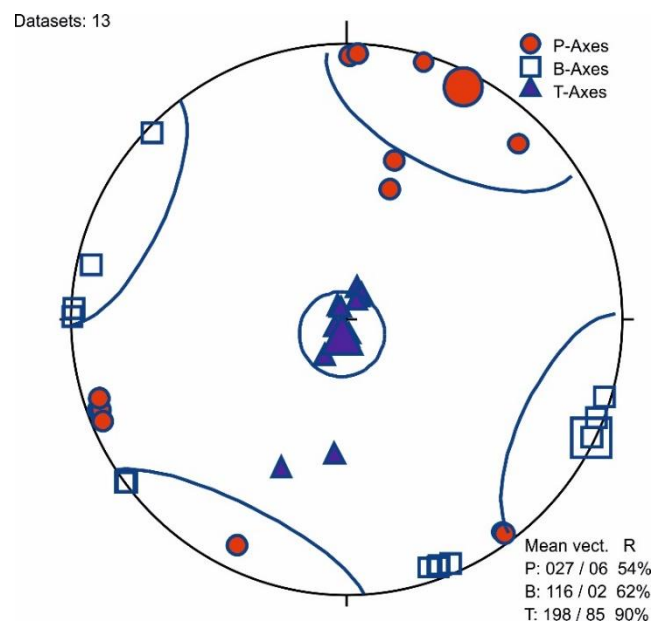
Strukturni dijagram izračuna osi paleonaprezanja metodom pravih diedara pokazuje da najveća os paleonaprezanja ( $\sigma_1$ ) za reverzne rasjede strukturno-tektonske jedinice IIIc ima orijentaciju 35/0, tj. pružanje 35–215 (sl. 5.108).





**Slika 5.108.** Strukturni dijagram pravih diedara s izračunom osi paleonapreznja (najveća –  $\sigma_1$ , srednja –  $\sigma_2$  i najmanja –  $\sigma_3$ ) za reverzne rasjede strukturno-tektonske jedinice IIIc.

Kinematska analiza polja napreznja pomoću metode P–T kinematskih osi pokazuje da su reverzni rasjedi grupe RR-3c nastali ili bili aktivni u kompresijskom polju napreznja s P-osi dominantnoga pružanja SI–JZ te T-osi koja ima smjer nagiba prema J–JZ s vrlo strmim kutom nagiba od  $85^\circ$  (sl. 5.109, tabl. 3c za detalje).



**Slika 5.109.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za reverzne rasjede grupe RR-3c strukturno-tektonske jedinice IIIc.

**Tablica 3c.** Srednje vrijednosti geometrijskih parametara svih mjerenih reverznih rasjeda u strukturno-tektonskoj jedinici IIIc – trećoj kredno–paleogenskoj navlačnoj strukturi, s izračunatim kinematskim pokazateljima i parametrima. Tumač kratica: RR-3c – reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice IIIc. Tip rasjeda: R – reverzni. ni – nije izračunato (rasjedne plohe imaju odstupanja u pružanjima i smjerovima nagiba).

Grupa rasjeda	Broj podataka	Smjer nagiba (°)	Kut nagiba (°)	Kut a-lineacije (°)	Tip rasjeda	Strije (ls)		P-os		T-os	
						Smjer (°)	Kut (°)	Smjer (°)	Kut (°)	Smjer (°)	Kut (°)
RR-3c	13	ni	39	85	R	ni	39	27	06	198	85

### 5.2.6. Strukturno-tektonska jedinica IV – Borani i navučeni kredni kompleks sjeveroistočnoga dijela Ćićarije

Strukturno-tektonska jedinica IV se proteže od krajnjega sjeverozapadnog do krajnjega sjeveroistočnog dijela istraživanoga područja i po svojoj je površini najveća strukturno-tektonska jedinica istraživanoga dijela Ćićarije. Od strukturno-tektonske jedinice II odvojena je **navlačnim rasjedom Vrh od Šterne–Osapna** (sjeveroistočnim dijelom njegovoga pružanja), dok jugozapadnu granicu prema strukturno-tektonskoj jedinici IIIc predstavlja **navlačni rasjed Gradina–Žejane** (sl. 5.41). Što se geološke građe tiče strukturno-tektonska jedinica IV je najraznovrsnija od svih. Na površini terena su zastupljene sve izdvojene karbonatne litostratigrafske jedinice, odnosno cjelokupni slijed karbonatnih naslaga istraženoga područja od najstarijih donjokrednih naslaga formacije Dragozetići (DR), preko svih jedinica donje i gornje krede, sve do paleogenskih naslaga jedinice FV na jugozapadnom i zapadnom dijelu ove strukturno-tektonske jedinice. Najveći dio površine zauzimaju donjokredne naslage i one su mjestimice prisutne u kompletnim razvojima i punim debljinama. Gornjokredne naslage su površinski znatno manje zastupljene jer su unutar ove strukturno-tektonske jedinice gotovo redovito tektonski reducirane, odnosno njihove prave debljine nisu na površini terena vidljive zbog značajne kontrakcije prostora. To pogotovo vrijedi za gornjokredne naslage u južnom i zapadnom dijelu strukturno-tektonske jedinice IV, uz granični **navlačni rasjed Vrh od Šterne–Osapna** (PRILOG 1). Isto vrijedi i za paleogenske naslage jedinice FV koje su također tektonski reducirane, a površinski se pojavljuju, kao što je već spomenuto, samo na jugozapadnom i zapadnom dijelu ove strukturno-tektonske jedinice uz već spomenuti granični navlačni rasjed koji je na geološkoj karti označen brojem 4 (PRILOG 1).

Strukturno gledano ova se jedinica sastoji od niza boranih struktura s osnim plohama i osima bora dinaridskoga pružanja (SZ–JI) koje predstavljaju jedan strukturni

kompleks koji je svojim zapadnim dijelom navučen prema jugozapadu na paleogensku ljuskavu strukturu jugozapadnoga dijela Ćićarije (strukturno-tektonsku jedinicu II), odnosno svojim istočnim dijelom na treću kredno–paleogensku navlačnu strukturu (strukturno-tektonsku jedinicu IIIc) – sl. 5.41. Bore koje izgrađuju strukturno-tektonsku jedinicu IV su relativno velikih širina (od nekoliko stotina metara do kilometarskih dimenzija) i u odnosu na širinu razmjerno malih visina. Krila bora su prilično blago položena, s relativno malim kutom nagiba. Navedeno vrijedi za bore u središnjem i istočnom dijelu strukturno-tektonske jedinice IV.

Izuzetak predstavlja krajnji zapadni dio ove jedinice (SZ dio istraživanoga područja) koji izgrađuje velika prebačena antiklinalna struktura sa strmim prebačenim JZ krilom te blagim SI krilom – **prebačena antiklinala Jelovice** (sl. 5.41, PRILOG 1). Osnova ploha te bore ima smjer nagiba prema SI i JZ vergenciju. U tjemenu dijelu te antiklinale na površini terena su albske naslage litostratigrafske jedinice Crna (CN), a prema jugozapadu se otvaraju mlađe naslage gornjokrednih jedinica MI, SD i GH koje su sve u prebačenom položaju. Na najmlađim gornjokrednim naslagama jedinice GH transgresivno slijede paleogeni FV također u prebačenom položaju. To JZ prebačeno krilo antiklinale je preko **navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna** u kontaktu s podinskom paleogenskom ljuskavom strukturom Ćićarije (strukturno-tektonskom jedinicom II) – PRILOG 1, PRILOG 2 – geološki profili A–A', B–B' i C–C'. Od središnjega dijela antiklinale, od njezine osne plohe dalje prema sjeveroistoku su na površini izdanci mlađih krovinskih naslaga jedinice CN, pa albsko-cenomanske jedinice SIS te gornjokredne naslage u normalnom položaju i tako tvore blago položeno SI krilo te bore. U SI krilu, u jedinici MI, u njezinom središnjem dijelu se zapaža dosta široka rasjedna zona, širine nekoliko stotina metara, obilježena kasnodijagenetskom dolomitizacijom, a predisponirana je dodatnim boranjem SI krila i rasjedanjem u zonama maksimalne zakrivljenosti te stvaranjem pukotinskih sustava paralelnih s osnim plohama. Osim dolomitizacije karakteristika te rasjedne zone su i vrlo raspucani i kataklazirani izdanci. Ta rasjedna zona predstavlja nastavak **rasjeda Vodice–M. vršić** dinaridskoga pružanja, tj. njegovoga nastavka prema sjeverozapadu (PRILOG 1). Rasjedna ploha je nagnuta prema SI, ali je vrlo strma do subvertikalna i duž nje litostratigrafske jedinice imaju najvjerojatnije mali reverzni pomak (PRILOG 2). Navedeni rasjed je puno značajniji za središnji i istočni dio strukturno-tektonske jedinice IV, dok u ovom, zapadnom dijelu jedinice (sjeverozapadno od Vodica) nije registriran i kartiran kao jedinstveni rasjed, već se tu nalazi široka rasjedna zona u zoni njegovoga

sjeverozapadnog produžetka pružanja. SI normalno krilo **prebačene antiklinale Jelovice** je dodatno blago borano, pa pretpostavljena rasjedna zona može biti i posljedica izrazitih tenzijskih pukotina u zonama maksimalnih zakrivljenosti boranih naslaga u krilu velike bore (PRILOG 2 – geološki profili A–A', B–B' i C–C'). Dalje prema sjeveroistoku kontinuirano na naslagama jedinice MI slijede mlađe gornjokredne krovinske naslage jedinica SD i GH koje su tektonski gotovo neporemećene. U tom dijelu terena naslage su dobro otvorene i očuvane kao rijetko gdje na čitavom istraživanom području Ćićarije. Sjeverozapadno od mjesta Vodice snimljen je i geološki stup kroz gornji dio litostratigrafske jedinice MI, pa kroz cijeli slijed jedinice SD te donji dio jedinice GH za potrebe istraživanja za OGK RH 1:50.000 (vidi PRILOG 1 – geološki stup Vodice–Jelovice).

Od opisane prebačene antiklinale dalje prema jugoistoku u strukturno-tektonskoj jedinici IV slijedi **sinklinala Dane**. Ona je manjih dimenzija od prethodno opisane bore, u jezgri joj se kao najmlađe nalaze cenomanske naslage jedinice MI, dok su u krilima naslage jedinice SIS (PRILOG 1).

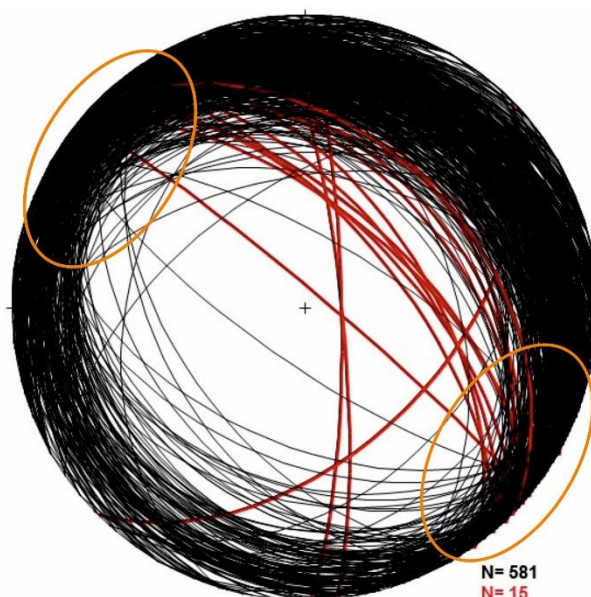
Središnji dio ove strukturno-tektonske jedinice zauzima velika i prostrana **antiklinala Vodice**. Dinaridske je orijentacije, njezina je os pružanja SZ–JI, a tone prema SZ. U jezgri te bore na površini terena se pojavljuju naslage litostratigrafske jedinice DR otrivske starosti, što su i najstarije naslage na površini terena istraživanoga područja Ćićarije. U krilima te antiklinale prema sjeveroistoku i jugozapadu na naslage jedinice DR kontinuirano slijede baremske naslage jedinice Cres (CR), donjoaptske naslage jedinice Kanfanar (KA) te albske naslage jedinice CN (PRILOG 1). Međutim, gledajući geološke profile (PRILOG 2 – geološki profili E–E' do H–H') vrlo je vjerojatno da se u jezgri **antiklinale Vodice**, ispod površine terena u podini naslaga jedinice DR nalaze i naslage starije krede (berijasa i valendis) te najmlađe jure (na profilima označene kao J<sub>3</sub>, K<sub>1</sub><sup>1–2</sup>) kojih nema na površini terena, ali ih ima dalje od ruba istraživanoga područja prema sjeveroistoku, prema podacima iz OGK M 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972). U središnjem dijelu bore SI krilo **antiklinale Vodice** je ponavljano duž reverznih rasjeda generalnoga pružanja SZ–JI, što je rezultiralo i zadebljanjem toga dijela SI krila, ali ne značajnim jer su naslage jedinice CR u SI krilu tektonski reducirane (smanjene debljine) zbog reverznog rasjeda koji s njima u kontakt dovodi naslage jedinice DR (PRILOG 1, PRILOG 2 – geološki profil F–F'). Osim toga, duž svojega pružanja velika antiklinalna struktura **Vodice** je na više mjesta ispresijecana rasjedima pružanja S(SI)–J(JZ). To su rasjedi subvertikalnoga nagiba sa subhorizontalnim relativnim

karakterom pomaka i to uglavnom desnoga, dok su prividno lijevi pomaci uz ove rasjede znatno rjeđe zabilježeni (PRILOG 1). S obzirom da navedeni rasjedi po svojem pružanju sijeku i transliraju litostratigrafske jedinice, a na taj način i samu osnu plohu i os bore, može se zaključiti da su ti rasjedi mlađi u odnosu na formiranje antiklinalne strukture **Vodice**. Navedene rasjede s horizontalnim pomakom siječe i translira **rasjed Vodice–M. vršić**. Taj rasjed na ovom dijelu istraživanoga terena ima veće značenje jer duž svojega pružanja siječe i translira sve poprečne manje rasjedne strukture (sl. 5.41, PRILOG 1). **Rasjed Vodice–M. vršić** ima dinaridski pravac pružanja (SZ–JI), smjer nagiba prema SI i vrlo je strmog do subvertikalnog nagiba (PRILOG 2 – na geološkim profilima D–D' i E–E' je pretpostavljen, a na F–F' i G–G' utvrđen). Taj rasjed ima najvjerojatnije reverzni karakter, a duž njega su svi rasjedi s horizontalnim pomakom pružanja poprečnog na taj rasjed (SSI–JJZ) presiječeni i translirani prividno udesno (PRILOG 1), tako da se može zaključiti da je **rasjed Vodice–M. vršić** relativno mlađi u odnosu na njih. S obzirom na svoje dinaridsko pružanje (SZ–JI) moguće je da se radi i o rasjedu koji je inicijalno nastao kad i ostale dinaridske strukture, tj. tijekom eocensko–oligocenske tektonske aktivnosti, ali je u svakom slučaju reaktiviran (jednom, a možda i opetovano) tijekom kasnijih, moguće i najmlađih tektonskih događaja.

Dalje prema istoku strukturno–tektonske jedinice IV je ostatak SI krila velike **antiklinale Vodice** navučen duž **navlačnoga rasjeda Gradina–Žejane** na strukturno–tektonsku jedinicu IIIc prema JZ. Prema sjeveroistoku, udaljavajući se od toga graničnog navlačnog rasjeda, navučeno donjokredno krilo bore se sve više ublažava i smanjuje se tektonska poremećenost naslaga. Tako su na sjeveroistočnom dijelu strukturno–tektonske jedinice IV albske naslage litostratigrafske jedinice CN te njima krovinske gornjoalbsko–donjocenomanske naslage jedinice SIS borane izgrađujući **sinklinalu** i **antiklinalu Mune** razmjerno malih amplituda i kilometarskih širina. Obje bore imaju osi dinaridskoga pružanja (SZ–JI) i blago su položeni krila. **Sinklinala Mune** u jezgri ima naslage jedinice SIS, a u krilima naslage jedinice CN koje prema SI tvore tjemeni dio **antiklinale Mune**. Još dalje prema sjeveroistoku u krovini naslaga jedinice CN ponovno se pojavljuju naslage jedinice SIS, ali taj dio terena nije geološki kartiran jer prelazi u Republiku Sloveniju (PRILOG 1).

Dijagram slojevitosti strukturno–tektonske jedinice IV sadrži čak 596 podataka, što je daleko najveći broj mjerenja orijentacija slojevitosti od svih strukturno–tektonskih jedinica opisanih na istraživanom području. Razlog tome dijelom leži u činjenici što je ova jedinica i površinski najveća, ali je još važnije da ovu jedinicu izgrađuju uglavnom

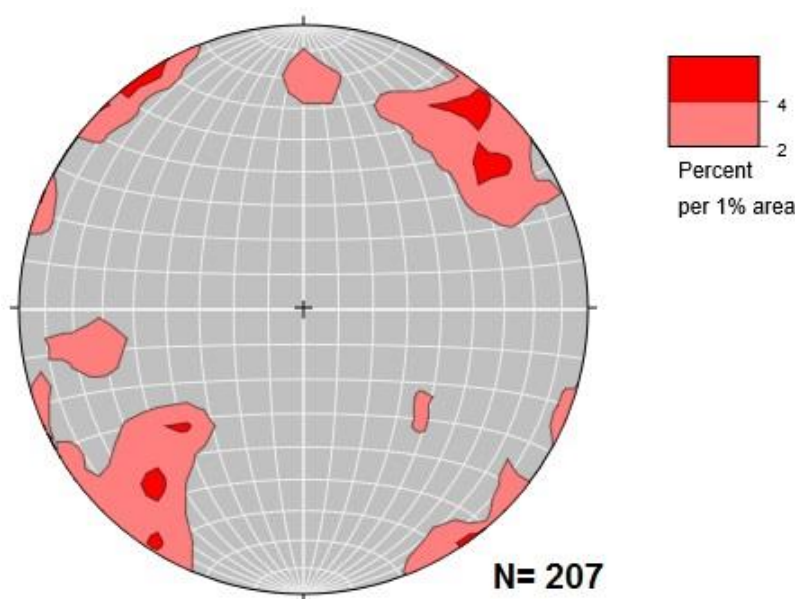
dobroslojeviti donjo- i gornjokredni karbonati. Od navedenih 596 terenski mjerenih podataka prikazanih na dijagramu (sl. 5.110) njih 581 su u normalnom, dok ih je 15 u prebačenom položaju (na dijagramu označeni crvenim tragovima ravnina). Prebačena slojevitost je vezana za zapadni dio strukturno-tektonske jedinice IV, za JZ krilo **prebačene antiklinale Jelovice**. Iz dijagrama je jasno vidljiva boranost naslaga s dominantnim smjerovima nagiba prema SI, odnosno prema JZ. Uz takve smjerove nagiba slojeva jasno se mogu odrediti i orijentacije osi bora koje su dinaridskoga pružanja SZ–JI, što je u skladu s prethodnim opisom boranih struktura u strukturno-tektonskoj jedinici IV. Kutovi nagiba slojevitosti su dosta blagi, najveći broj mjerenja pokazuje vrijednosti nagiba do 25°, dok su strmiji kutovi nagiba vezani prvenstveno za JZ krilo **prebačene antiklinale Jelovice**, te za pojedinačna ustrmljavanja slojeva uz neke rasjede (PRILOG 1).



**Slika 5.110.** Strukturni dijagram tragova ravnina slojevitosti strukturno-tektonske jedinice IV – boranog i navučenog krednog kompleksa sjeveroistočnoga dijela Ćićarije. Narančastom bojom su označene najgušće zone točaka sjecišta ravnina slojevitosti –  $\beta$ -presječnica, čija je orijentacija paralelna osima bora.

Strukturni konturni dijagram pukotina i setova pukotina ove strukturno-tektonske jedinice sadrži 207 terenski mjerenih podataka (sl. 5.111). Gledajući dijagram uočljiv je dosta veliki rasap podataka, međutim oni se ipak mogu sistematizirati na četiri glavna pružanja koja dominiraju. Najveći broj orijentacija pukotina odgovara dinaridskom pružanju SZ–JI, odnosno paralelne su pružanju osnih ploha i osi opisanih boranih struktura strukturno-tektonske jedinice IV. Veliki broj podataka ukazuje na pružanje SI–

JZ, tj. poprečno na dinaridsko pružanje osi bora, a paralelno s opisanim razmjerno brojnim rasjedima s horizontalnim pomakom (PRILOG 1). Manji broj pukotina ima pravac pružanja ploha generalno S–J ili I–Z, odnosno pod ostrim kutom na pružanja osnih ravnina i osi boranih struktura. Kutovi nagiba pukotina su različiti, ali brojčano dominiraju vrlo strmi do subvertikalni, tako da je i srednja vrijednost nagiba pukotina  $71^\circ$ .



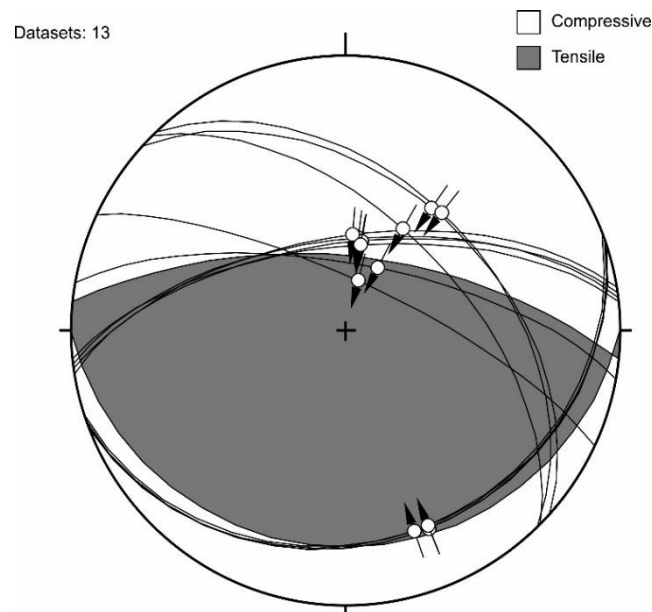
**Slika 5.111.** Konturni dijagram orijentacija pukotina i setova pukotina strukturno-tektonske jedinice IV.

U strukturno-tektonskoj jedinici IV ukupno je izmjereno 35 orijentacija rasjeda kojima je određen karakter kretanja. Od toga je 13 reverznih, a 22 rasjeda imaju horizontalni karakter pomaka. Rasjedi s normalnim pomacima tijekom terenskih istraživanja unutar ove strukturno-tektonske jedinice nisu zabilježeni, budući da na otvorenim i mjerenim disjunktivnim strukturama nije bilo ostataka strija ili drugih elemenata koje bi ukazivale na normalan karakter kretanja.

Reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice IV su bez obzira na prisutne blage razlike u smjerovima nagiba svrstani u jednu jedinstvenu grupu, dok su rasjedi s horizontalnim pomakom prema svojim orijentacijama te kinematskoj kompatibilnosti podijeljeni u dvije podgrupe. U tablici 4 na kraju ovoga potpoglavlja prikazani su detaljni podaci o ukupnom broju mjerenja za grupu reverznih i svaku podgrupu rasjeda s horizontalnim pomakom, prosječne vrijednosti orijentacija rasjednih ploha (smjera i kuta

nagiba), srednja vrijednost kuta a-lineacije, srednja vrijednost orijentacije strija te srednja vrijednost kinematskih osi (P i T osi).

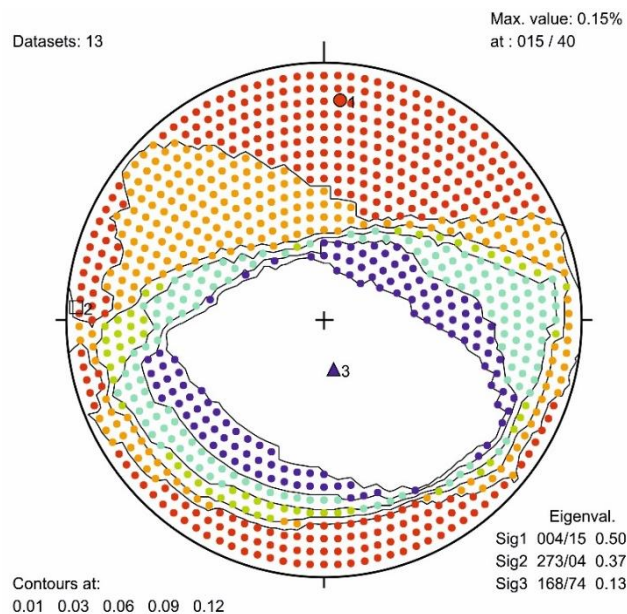
Grupa reverznih rasjeda strukturno-tektonske jedinice IV (RR-4) sadrži 13 podataka. Reverzni rasjedi ove podgrupe imaju tri dominantna smjera nagiba: prema SI, sa srednjom vrijednosti od  $34^\circ$  (pet podataka), zatim približno prema S (četiri podatka) te četiri podatka koji ukazuju na smjer nagiba prema J. Srednja vrijednost kutova nagiba svih rasjednih ploha grupe RR-4 je  $49^\circ$  (sl. 5.112, tabl. 4 za detalje).



**Slika 5.112.** Reverzni rasjedi grupe RR-4 strukturno-tektonske jedinice IV. Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i strukturnoga *beachball* dijagrama.

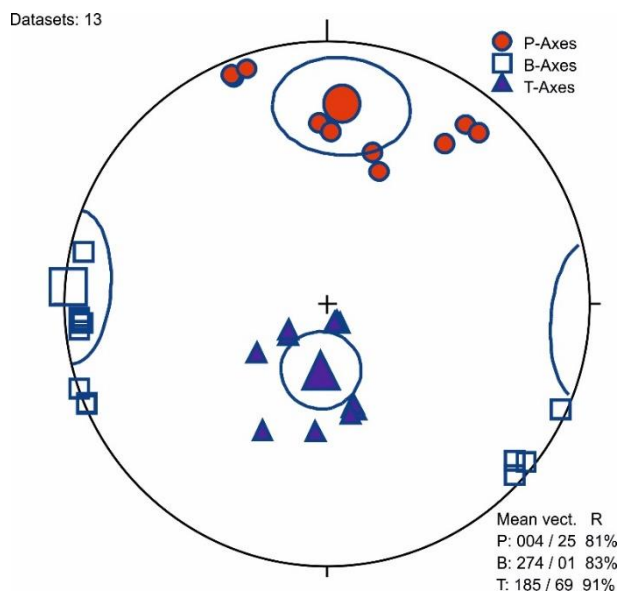
Strukturni dijagram izračuna osi paleonaprezanja metodom pravih diedara pokazuje da  $\sigma_1$  kao najveća os paleonaprezanja za reverzne rasjede strukturno-tektonske jedinice IV ima orijentaciju 4/15 (sl. 5.113).





**Slika 5.113.** Strukturni dijagram pravih diedara s izračunom osi paleonapreznja (najveća –  $\sigma_1$ , srednja –  $\sigma_2$  i najmanja –  $\sigma_3$ ) za reverzne rasjede strukturno-tektonske jedinice IV.

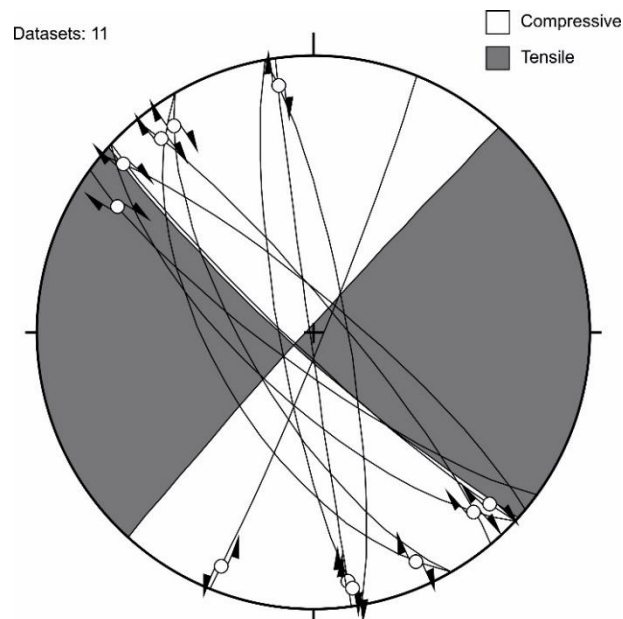
Kinematska analiza polja napreznja pomoću metode P–T kinematskih osi pokazala je da su reverzni rasjedi (RR-4) ove strukturno-tektonske jedinice nastali u kompresijskom polju napreznja s P-osi dominantnoga pružanja S–J, te T-osi koja ima smjer nagiba prema J pod kutom od  $69^\circ$  (sl. 5.114, tabl. 4 za detalje).



**Slika 5.114.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za reverzne rasjede strukturno-tektonske jedinice IV.

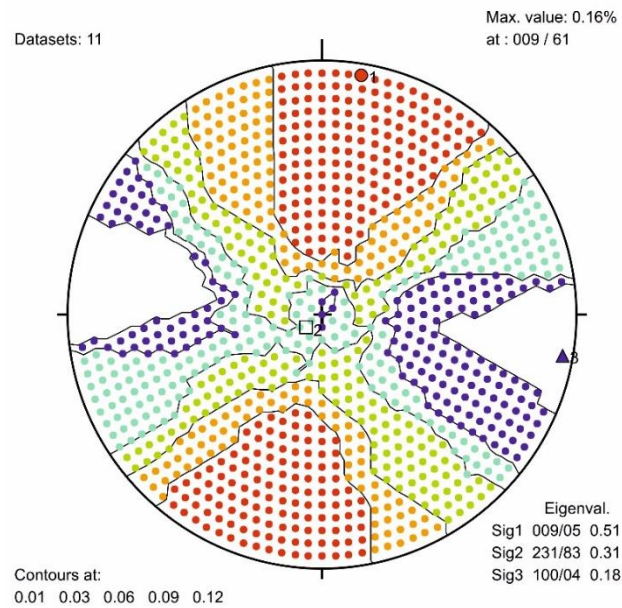
Osim reverznih rasjeda, u strukturno-tektonskoj jedinici IV terenski su mjereni i rasjedi s horizontalnim pomakom, odnosno rasjedi s pomakom po pružanju. Ukupno su izmjerena 22 takva rasjeda koji su, kao što je već ranije spomenuto, podijeljeni u dvije podgrupe s obzirom na njihovu orijentaciju i kinematsku kompatibilnost.

U prvu podgrupu rasjeda s horizontalnim pomakom strukturno-tektonske jedinice IV (HR-4a) svrstano je 11 rasjeda. Rasjedi su vrlo strmoga do subvertikalnoga kuta nagiba, ali ima ih sa nasuprotnim smjerovima nagiba, što ukazuje da su svi mjereni podaci najvjerojatnije iz istoga subparalelnog seta, praktički istoga pružanja (SZ–JI) te vrlo vjerojatno ezetativnoga karaktera, odnosno neke od rasjednih ploha ove podgrupe imaju smjer nagiba prema SI, a neke prema JZ. Srednja vrijednost kuta nagiba ploha iznosi  $78^\circ$  (sl. 5.115, tabl. 4 za detalje). Od 11 izmjerenih rasjeda ove podgrupe njih 10 ima desni karakter kretanja, dok je jedan s lijevim karakterom kretanja. Taj lijevi rasjed ima pružanje SI–JZ, što je poprečno na pružanje drugih 10 desnih rasjeda ove podgrupe i vjerojatno predstavlja dio konjugiranoga para nekog od navedenih desnih rasjeda.



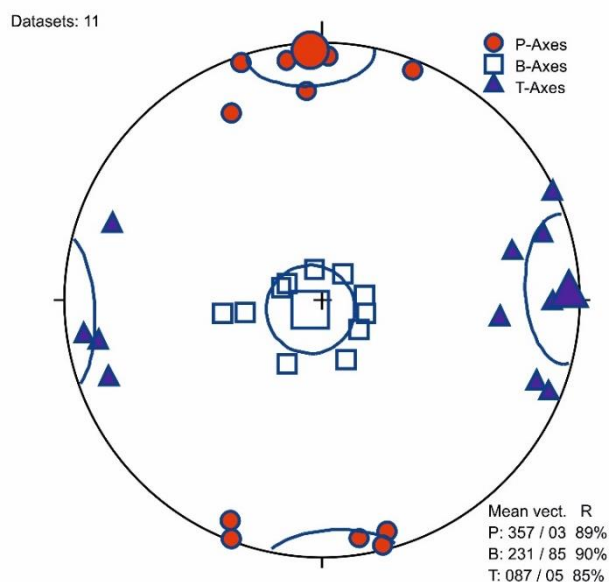
**Slika 5.115.** Rasjedi s horizontalnim pomakom prve podgrupe strukturno-tektonske jedinice IV (HR-4a). Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i strukturnoga *beachball* dijagrama.

Strukturni dijagram izračuna osi paleonapreznja metodom pravih diedara za rasjede s horizontalnim pomakom prve podgrupe strukturno-tektonske jedinice IV (HR-4a) pokazuje da je orijentacija  $\sigma_1$  kao najveće osi 9/5 (sl. 5.116).



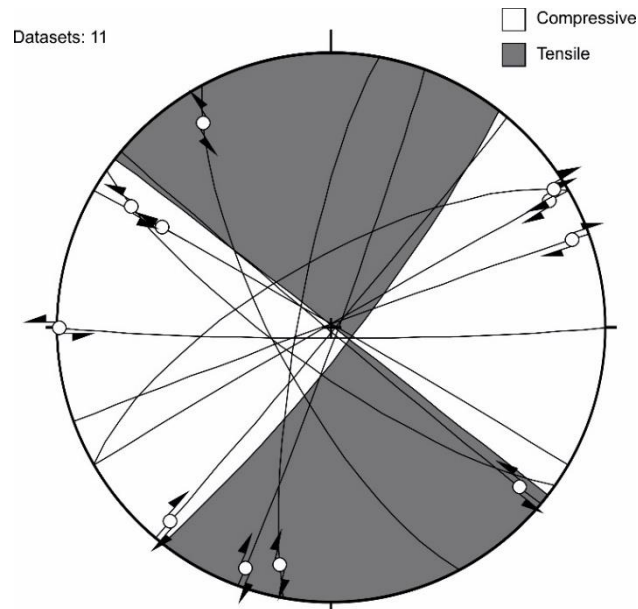
**Slika 5.116.** Strukturni dijagram pravih diedara s izračunom osi paleonapreznja (najveća –  $\sigma_1$ , srednja –  $\sigma_2$  i najmanja –  $\sigma_3$ ) za prvu podgrupu (HR-4a) rasjeda s horizontalnim pomakom strukturno-tektonske jedinice IV.

Kinematska analiza pokazuje da su rasjedi s horizontalnim pomakom prve podgrupe strukturno-tektonske jedinice IV (HR-4a) bili aktivni u polju napreznja s P-osi približnoga pružanja S–J (orijentacije 357/3), dok je T-os također subhorizontalna sa smjerom nagiba prema I (sl. 5.117, tabl. 4 za detalje).



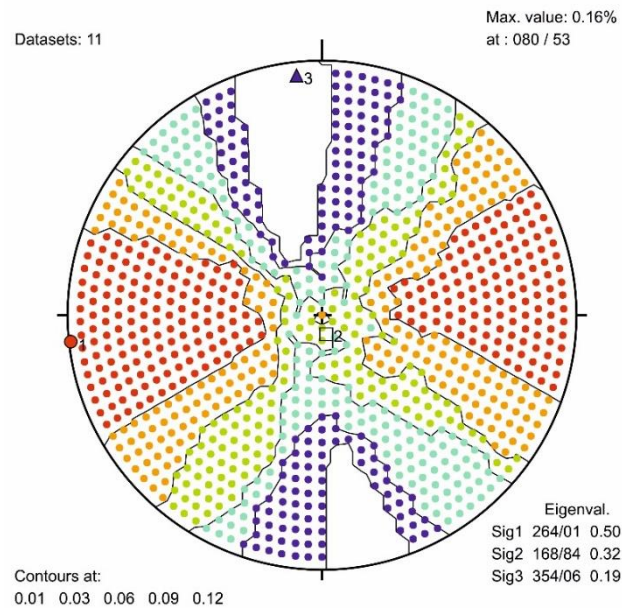
**Slika 5.117.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za prvu podgrupu rasjeda s horizontalnim pomakom (HR-4a) strukturno-tektonske jedinice IV.

Druga podgrupa rasjeda s horizontalnim pomakom strukturno-tektonske jedinice IV (HR-4b) također sadrži 11 podataka. Od njih su šest s desnim, a pet s lijevim pomakom i sa svojim orijentacijama i pružanjem ploha ustvari predstavljaju međusobno konjugirane parove smičnih pukotina, odnosno rasjeda s horizontalnim pomakom. Srednja vrijednost kutova nagiba ovih 11 rasjeda je subvertikalnih  $84^\circ$  (sl 5.118, tabl. 4 za detalje).



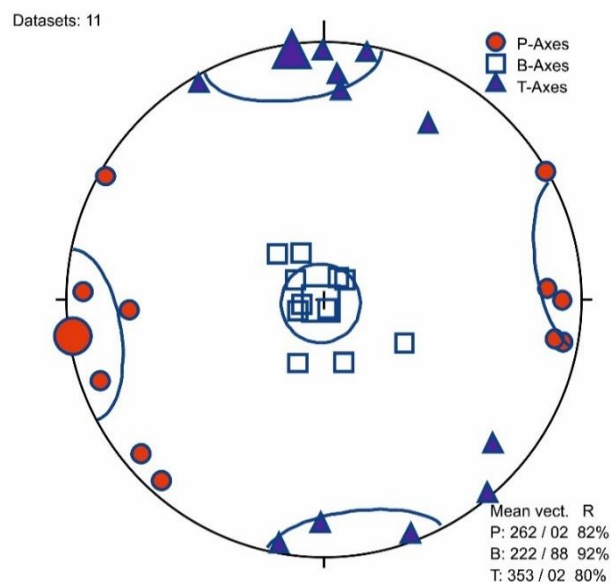
**Slika 5.118.** Rasjedi s horizontalnim pomakom druge podgrupe strukturno-tektonske jedinice IV (HR-4b). Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i strukturnoga *beachball* dijagrama.

Izračun osi paleonaprezanja metodom pravih diedara za rasjede s horizontalnim pomakom druge podgrupe strukturno-tektonske jedinice IV (HR-4b) pokazuje da je najveća os  $\sigma_1 = 264/1$  (sl. 5.119).



**Slika 5.119.** Strukturni dijagram pravih diedara s izračunom osi paleonapreznja (najveća –  $\sigma_1$ , srednja –  $\sigma_2$  i najmanja –  $\sigma_3$ ) za drugu podgrupu (HR-4b) rasjeda s horizontalnim pomakom strukturno-tektonske jedinice IV.

Strukturna kinematska analiza pokazuje da su rasjedi s horizontalnim pomakom druge podgrupe strukturno-tektonske jedinice IV (HR-4b) bili aktivni u polju napreznja s P-osi pravca pružanja približno I–Z te T-osi smjera nagiba generalno prema S (sl. 5.120, tabl. 4 za detalje).



**Slika 5.120.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za drugu podgrupu rasjeda s horizontalnim pomakom (HR-4b) strukturno-tektonske jedinice IV.

**Tablica 4.** Srednje vrijednosti geometrijskih parametara svih mjerenih rasjeda u strukturno-tektonskoj jedinici IV – borani i navučeni kredni kompleks sjeveroistočnoga dijela Ćićarije, s izračunatim kinematskim pokazateljima i parametrima. Tumač kratica: RR-4 – reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice IV; HR-4a – rasjedi s horizontalnim pomakom prve podgrupe strukturno-tektonske jedinice IV; HR-4b – rasjedi s horizontalnim pomakom druge podgrupe strukturno-tektonske jedinice IV. Tipovi rasjeda: R – reverzni; H – rasjedi s horizontalnim pomakom. ni – nije izračunato (rasjedne plohe imaju odstupanja u pružanjima i smjerovima nagiba). ni\* – nije izračunato (rasjedi s horizontalnim pomakom svojim orijentacijama predstavljaju međusobne konjugirane parove čije plohe se svojim pružanjima sijeku pod ostrim do pravim kutom).

Grupa/ podgrupa rasjeda	Broj podataka	Smjer nagiba (°)	Kut nagiba (°)	Kut a-lineacije (°)	Tip rasjeda	Strije (ls)		P-os		T-os	
						Smjer (°)	Kut (°)	Smjer (°)	Kut (°)	Smjer (°)	Kut (°)
RR-4	13	ni	49	85	R	ni	49	4	25	185	69
HR-4a	11	ni*	78	11	H	ni*	11	357	03	87	05
HR-4b	11	ni*	84	11		ni*	11	262	02	353	02

### 5.3. REZULTATI GEOLOŠKOG KARTIRANJA

Jedan od najvažnijih ciljeva ovoga doktorskog rada bila je izrada nove geološke karte u mjerilu 1:50.000. Ona je poslužila kao temelj za daljnja istraživanja vezana za ovaj rad, prvenstveno za izradu geoloških profila i strukturna istraživanja, kako terenska, tako i za detaljnu strukturnu analizu. Kao što je već više puta navedeno, kartirane su prethodno definirane litostratigrafske jedinice, za razliku od listova OGK SFRJ M 1:100 000 istoga područja koji su izrađeni na kronostratigrafskom principu. O najznačajnijim stručnim i znanstvenim doprinosima nove OGK M 1:50.000 više će riječi biti u poglavlju Rasprava.

Nova OGK M 1:50.000 prikazana u ovom radu pokriva više od 220 km<sup>2</sup> površine terena, a sadrži središnji dio masiva Ćićarije te na svojem jugozapadnom dijelu sjeveroistočni, rubni dio Pazinskoga flišnog bazena (PRILOG 1). Geološka karta je napravljena prema uputama za izradu OGK RH M 1:50.000 (KORBAR et al., 2012a), na temelju više od 2.200 točaka opažanja zabilježenih tijekom geološkoga kartiranja (približno 10 točaka opažanja po km<sup>2</sup>) te mnogobrojnih mjerenja strukturnih elemenata tijekom specijalističkih strukturnih istraživanja (PRILOG 3). Uz kartu se nalazi i pregledni geološki stup naslaga u mjerilu 1:5.000 te tumači oznaka i grafike za geološku kartu i geološki stup (vidi PRILOG 1).

Tumači vezani za geološku kartu:

- tumač izdvojenih litostratigrafskih jedinica;
- tumač geoloških i tektonskih oznaka;
- tumač strukturnih naziva;
- oznake i nazivi geoloških stupova;
- tumač topografskih oznaka.

Uz pregledni geološki stup vezani su sljedeći tumači:

- tumač litologije;
- tumač strukturnog tipa karbonata;
- tumač debljine slojeva;
- tumač paleontoloških i sedimentoloških oznaka.

#### **5.4. GEOLOŠKI PROFILI SREDIŠNJEGA DIJELA ĆIĆARIJE M 1:50.000**

Pored geološke karte među glavnim ciljevima ovoga rada bila je i izrada geoloških profila. Ukupno je napravljeno 11 geoloških profila, u mjerilu 1:50.000, kao i geološka karta, koji su poprečni na pružanje glavnih geoloških struktura. Pozicije profila su, počevši od sjeverozapada pa prema jugoistoku istraživanoga područja, označene s A–A' (krajnji sjeverozapadni profil) do K–K' (krajnji jugoistočni geološki profil) – PRILOG 1. Profili imaju smjer azimuta 31–32° (PRILOG 2). Svih 11 geoloških profila je konstruirano tako da presijecaju i paleogensku luskavu strukturu jugozapadnoga dijela te navučenu i boranu krednu strukturu sjeveroistočnoga dijela istraživanoga područja.

Geološki profili prikazani u ovom radu predstavljaju moguću interpretaciju potpovršinskih odnosa ovoga geološki i tektonski vrlo kompleksnoga područja. Konstruirani profili prikazuju model nastanka paleogenih luskava JZ dijela istraživanoga područja, a isto tako i odnos toga dijela terena sa SI dijelom, s navlakama izgrađenim od krednih i kredno–paleogenih naslaga. Geometrija, odnosno kutovi nagiba reverznih kontakata između paleogenih luskava određeni su direktnim mjerenjem orijentacija rasjednih ploha na terenu. Isto vrijedi i za navlačne rasjede navlaka izgrađenih od krednih i kredno–paleogenih naslaga. Tamo gdje nije bilo moguće direktno na terenu mjeriti smjer i kut nagiba rasjedne plohe njezina potpovršinska geometrija je konstruirana sukladno s izmjerenim orijentacijama položaja sloja (PS) naslaga koje slijede u „krovinskom“ dijelu reverznog, odnosno navlačnog rasjeda, što je

u skladu s metodologijom izrade geoloških profila i potpovršinskom interpretacijom (modeliranjem) u objavljenoj svjetskoj znanstvenoj literaturi (npr. KLEY et al., 1999; LONG et al., 2011; ROBINSON & McQUARRIE, 2012; BURBERRY, 2015).

Za svaki geološki profil izrađena su po dva strukturna dijagrama slojevitosti naslaga. Jedan dijagram prikazuje slojevitost naslaga u JZ dijelu profila, odnosno dijelu profila koji zahvaća paleogensku ljuskavu strukturu (do prvoga navlačnog rasjeda krednog i kredno–paleogenkog zaleda), dok drugi dijagram prikazuje slojevitost naslaga u SI dijelu profila gdje prevladavaju kredne i kredno–paleogenske navlačne strukture (PRILOG 2). Tragovi ravnina na strukturnim dijagramima obojani crvenom bojom označavaju orijentacije položaja sloja u prebačenom položaju, a oznaka N uz svaki dijagram označava broj mjerenja slojevitosti. Dijagrami su izrađeni u računalnim programima Stereonet (ALLMENDINGER et al., 2012; CARDOZO & ALLMENDINGER, 2013) i FaultKinWin – FaultKin 7 (MARRETT & ALLMENDINGER, 1990; ALLMENDINGER et al., 2012).

Prilikom rekonstrukcije modela ljuskanja paleogenkih naslaga u JZ dijelu istraživanoga područja u obzir su uzete sljedeće činjenice:

- u području paleogenske ljuskave strukture JZ dijela Ćićarije na površini terena nigdje nema izdanaka krednih naslaga. To upućuje na zaključak da se kredne naslage nalaze u podini te da ne sudjeluju u procesima navlačenja, odnosno ljuskanja i ponavljanja Pg naslaga;
- istraživačka bušotina ŽTĆ-1 dubine 350,5 m izrađena prilikom temeljnih geoloških istraživanja za potrebe izrade željezničkoga tunela kroz Ćićariju prošla je kroz tri do četiri ljuske paleogenkih naslaga u kojima su se ponavljali različiti slijedovi foraminiferskih vapnenaca i njima krovinskih prijelaznih naslaga (VLAHOVIĆ et al., 1995a), odnosno svaka ljuska započinje nižim, starijim paketom FV-a (miliolidnim, ili alveolinskim vapnencima), a završava s višim, mlađim paketom (npr. diskociklinskim vapnencima) ili prijelaznim naslagama. Takvo ponavljanje u kojem nema krednih naslaga upućuje na zaključak da paleogenska ljuskava struktura mora biti fizički odvojena od podinskih stijena, tj. naslaga gornje krede. Nadalje, to ukazuje da na kontaktu krednih i paleogenkih naslaga najvjerojatnije postoji *dekolmanski horizont* (engl. *detachment horizon*) po kojem dolazi do horizontalnih kretanja i to na način da je podinska struktura ispod dekolmanskoga horizonta blago borana i tektonski gotovo neporemećena te blago



tone i podvlači se u smjeru SI, dok krovinske strukture iznad dekolmanskoga horizonta (paleogenska ljuskava struktura), s obzirom na geometriju ukazuju na tektonski transport prema JZ. Na temelju pretpostavke da se dekolmanski horizont nalazi negdje oko granice K<sub>2</sub>/Pg, moguće je da se najvjerojatnije nalazi u najstarijim naslagama foraminiferskih vapnenaca (paket miliolidnih vapnenaca koji dosta često sadrže i bituminoznu komponentu koja na određeni način može predstavljati vrlo dobro „mazivo“ za klizanje, odnosno kretanje naslaga u krovini). Analizom jezgre iz bušotine ŽTĆ-1 dokazano je i da su navlačni kontakti između Pg ljusaka mjestimice i vrlo blagi, s malim kutom nagiba (10–30°), što su potvrdila i terenska mjerenja tijekom geološkoga kartiranja i strukturnih istraživanja. Međutim, isto tako su zabilježeni i izmjereni i navlačni rasjedi između ljusaka s puno većim kutom nagiba (40–50°) što upućuje na najvjerojatniju stepeničastu geometriju ljuskanja paleogenskih naslaga u kojoj se izmjenjuju strmiji i blaži kutovi nagiba rasjednih ploha, tj. rampe i zaravni (engl. *ramp and flat*).

Zbog svega navedenog, prilikom izrade geoloških profila (PRILOG 2) korištena je dostupna znanstvena i stručna literatura u kojoj su prikazani tipski modeli deformacija i strukturnih odnosa na profilima karakterističnim za „*thin-skinned*“ deformacijske procese i kinematiku u područjima gdje prevladavaju kompresijski i transpresijski tektonski procesi (npr. CALABRO et al., 2003; FOSSEN, 2010; CAMANNI et al., 2014), odnosno *ramp and flat* geometriju (npr. TWISS & MOORES, 1992; DAVIS & REYNOLDS, 1996; BONINI et al., 2000; SAVAGE & COOKE 2003; FOSSEN, 2010) te stvaranje kompresijskih *duplex* struktura (npr. CONTRERAS & SUTER, 1997; MITRA & SUSSMAN, 1997; ALLERTON, 1998; COUZENS-SCHULTZ et al., 2003; KIM et al., 2004; FOSSEN, 2010).

#### **5.4.1. Opis geoloških profila središnjega dijela Ćićarije**

Svi geološki profili istraživanoga područja su kao i geološka karta (PRILOG 1) izrađeni u M 1:50.000 i nalaze se u PRILOGU 2. U ovom potpoglavlju se nalazi kratak opis svakoga profila pojedinačno, a oni su na slikama u tekstu prikazani umanjeni i s grafičkim mjerilom.

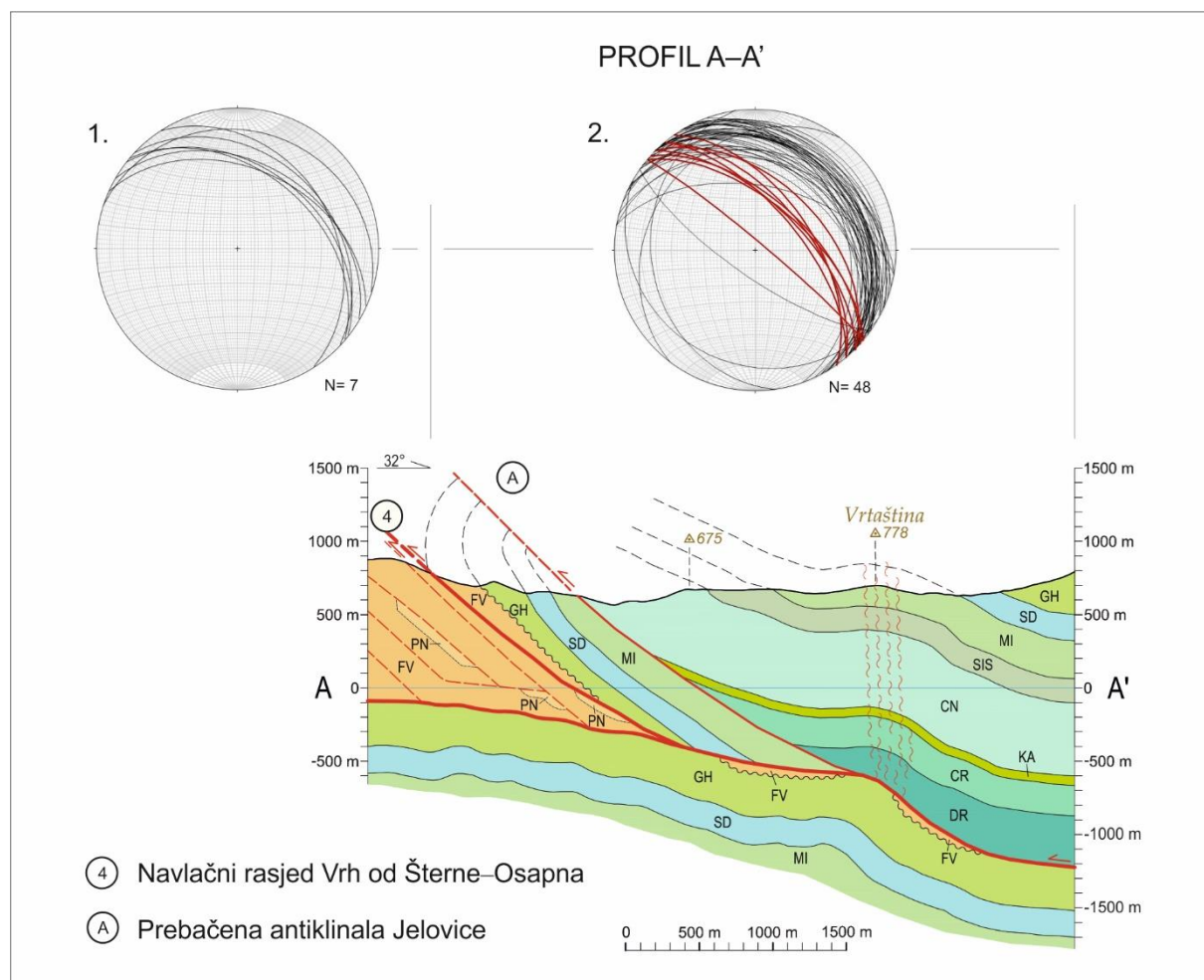
#### 5.4.1.1. Geološki profil A–A'

Geološki profil A–A' (sl. 5.121) se nalazi na krajnjem sjeverozapadnom dijelu istraživanoga područja Ćićarije (PRILOG 1). Azimut profila je  $32^\circ$ , a ukupna duljina oko 4,85 km. JZ dio profila prikazuje paleogensku ljuskavu strukturu Ćićarije koja je dekolmanskim horizontom odvojena od kredne podine. Reverzno ponavljanje, tj. ljuskanje Pg naslaga se odvija po principu geometrije rampi i zaravni (*ramp and flat*), odnosno izmjenom strmije nagnutih segmenata rasjedne plohe s njezinim blažim, zaravnjenim dijelovima.

Središnjim dijelom profila dominira prebačena antiklinalna struktura (**prebačena antiklinala Jelovice**) izgrađena od krednih i paleogenских naslaga (jedinice FV) koja je preko **navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna** navučena na paleogensku ljuskavu strukturu prema JZ (PRILOG 1).

SI dio profila predstavlja blago borano homoklinalno krilo te antiklinale. Prebačeno JZ krilo antiklinalne strukture je posljedica tektonskoga transporta prema JZ. **Prebačena antiklinala Jelovice** je još dodatno rasjednuta u zoni maksimalne zakrivljenosti bore, što je dovelo do reverznoga izdizanja njezinog SI krila također u smjeru JZ. Na profilu kod toponima *Vrtaština* u SI blago boranom krilu antiklinalne strukture nalazi se nekoliko stotina metara široka rasjedna zona unutar jedinice MI (vidi PRILOG 1) koja je obilježena raspucanim, kataklaziranim i dolomitiziranim izdancima. S obzirom da se ta rasjedna zona nalazi unutar jedne jedinice, terenski nije evidentiran pomak te nije bilo moguće odrediti karakter kretanja duž nje. Moguće je da je ta rasjedna zona odraz prethodno stvorenog gustog pukotinskog seta u zoni maksimalne zakrivljenosti blago boranih naslaga SI normalnoga krila prebačene antiklinalne strukture. Uz profil A–A' se nalaze i dva dijagrama slojevitosti. Prvi (dijagram 1 na sl. 5.121) prikazuje mjerenu slojevitost u Pg naslagama jedinice FV JZ ljuskave strukture. Dijagram sadrži sedam podataka PS-a s dominantnim smjerom nagiba prema SI, uz kut nagiba od prosječnih  $35^\circ$ . Drugi dijagram (dijagram 2 na sl. 5.121) prikazuje slojevitost prebačene antiklinalne strukture. Sadrži 48 mjerenih orijentacija položaja sloja od čega ih je 40 u normalnom, a osam u prebačenom položaju (na dijagramu označeni crvenim tragovima ravnina). Prebačena slojevitost je vezana za strmo JZ prebačeno krilo antiklinale i prosječni kut nagiba slojeva u tom krilu je  $63^\circ$ . Normalna slojevitost je vezana za SI krilo antiklinalne strukture koje je još dodatno

blago borano pa stoga uz dominantan smjer nagiba prema SI, ima i nekoliko mjerenih podataka sa smjerom nagiba prema JZ–Z. Prosječan kut nagiba slojevitosti SI krila je  $29^\circ$ .



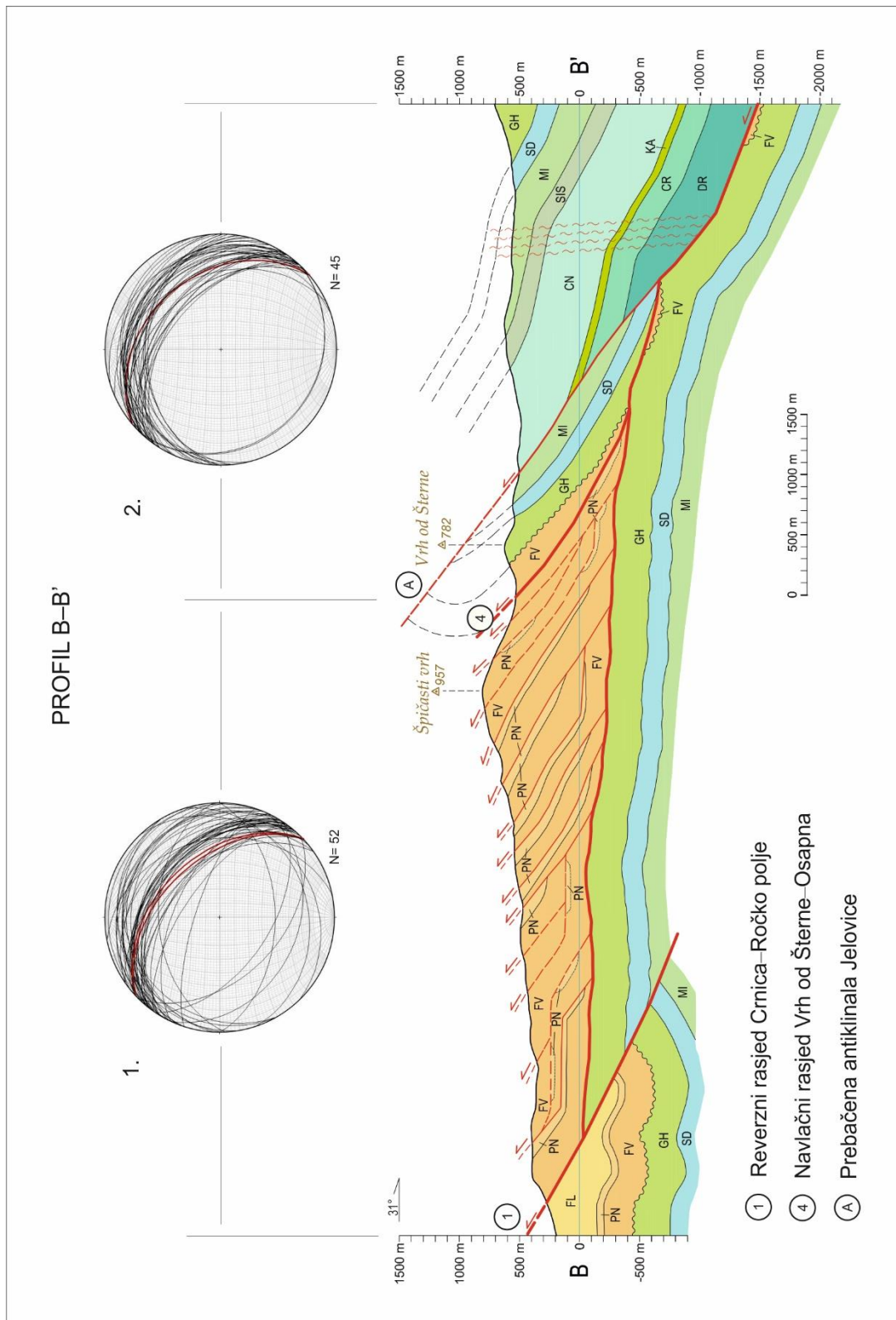
**Slika 5.121.** Geološki profil A–A'. Stereogram 1 – slojevitost u paleogenskim naslagama ljuskave strukture u podinskom krilu prebačene antiklinala Jelovice (oznaka A na profilu). Stereogram 2 – slojevitost naslaga u prebačenoj antiklinali Jelovice. Prebačena antiklinala Jelovice je vezana uz navlačni rasjed Vrh od Šterne–Osapna (oznaka 4 na profilu).

#### 5.4.1.2. Geološki profil B–B'

Geološki profil B–B' (sl. 5.122) se nalazi također na sjeverozapadnom dijelu istraživanoga područja, oko 1,1 km jugoistočno od profila A–A' (PRILOG 1). Azimut profila je  $31^\circ$  te je ukupne duljine oko 9,45 km. Profil B–B' presijeca cijelo područje istraživanja poprečno na strukture. Idući od JZ prema SI ovaj profil zahvaća krajnji rubni SI dio Pazinskoga flišnog bazena, cijelu paleogensku ljuskavu strukturu te prebačenu antiklinalnu strukturu SI dijela istraživanoga područja Čićarije (**prebačenu antiklinalu**

**Jelovice**). Na krajnjem JZ dijelu profila B–B' nalazi se dio Pazinskoga flišnog bazena na koji je prema SI preko velikog regionalnog **rasjeda Crnica–Ročko polje** reverzno izdignuta paleogenska ljuskava struktura Ćićarije zajedno sa svojom podlogom koja je od paleogenских ljusaka odvojena dekolmanskim rasjedom. Tektonski transport je u smjeru JZ. Dekolmanski horizont paleogenske ljuskave strukture Ćićarije čine naslage prijelaza iz krednih u paleogenски slijed. S obzirom na višestruko opetovani slijed ljusaka u paleogenским naslagama, za očekivati je da se unutar tih ljusaka vjerojatno nalazi i drugi dekolmanski horizont, odnosno niz ljusaka koje su genetski vezane uz eocenske prijelazne naslage (PN).

SI dio profila B–B' je skoro identičan kao i kod profila A–A', velika antiklinalna struktura s prebačenim JZ krilom (**prebačena antiklinala Jelovice**) koja je preko **navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna** navučena na paleogenску ljuskavu strukturu. Antiklinala je dodatno rasjednuta u zoni maksimalne zakrivljenosti, SI krilo je reverzno izdignuto te su tako na površinu izašle i starije kredne naslage od onih u JZ prebačenom krilu. I kod ovoga profila izrađena su dva dijagrama slojevitosti. Prvi dijagram (stereogram 1 na sl. 5.122) obuhvaća slojeve mjerene u Pazinskom flišnom bazenu i paleogenскоj ljuskavoj strukturi. Smjer nagiba PS-a je pretežito prema SI dok je slojevitost sa smjerovima nagiba prema JZ vezana za izrazito borane flišne naslage rubnoga dijela Pazinskoga flišnog bazena. Neki smjerovi nagiba PS-a prema JZ, kao i prebačeni slojevi su vezani i za same čeone dijelove paleogenских ljusaka jer je na frontama nekih ljusaka izgrađenih od naslaga FV-a došlo do boranja i prebacivanja što je već navedeno prilikom opisa paleogenske ljuskave strukture Ćićarije. Drugi dijagram slojevitosti (2 na sl. 5.122) predstavlja antiklinalnu strukturu izgrađenu od krednih i paleogenских naslaga s prebačenim JZ krilom. Smjer nagiba slojevitosti je dominantno prema SI (uključujući i prebačene slojeve na dijagramu označene crvenim tragovima ravnina), uz blaga odstupanja prema S i SZ, dok su smjerovi nagiba prema JZ vezani za blago borano SI krilo **prebačene antiklinale Jelovice**. Srednja vrijednost kutova nagiba slojeva je oko 30°.



**Slika 5.122.** Geološki profil B–B'. Stereogram 1 – slojevitost flišnih naslaga u podinskom krilu reverznoga rasjeda Crnica–Ročko polje te paleogenskih naslaga ljuskave strukture u podinskom krilu prebačene antiklinala Jelovice (oznaka A na profilu). Stereogram 2 – slojevitost naslaga u prebačenoj antiklinali Jelovice. Prebačena antiklinala Jelovice je vezana uz navlačni rasjed Vrh od Šterne–Osopna (oznaka 4 na profilu).

#### 5.4.1.3. Geološki profil C–C'

Geološki profil C–C' (sl. 5.123) se nalazi približno 1,5 km jugoistočno od profila B–B' (PRILOG 1). Azimut profila je 31°, a ukupne je duljine 9,65 km. JZ i središnji dio profila C–C' je po strukturnoj građi vrlo sličan prethodno opisanom geološkom profilu B–B', a sličan je i dijagram slojevitosti toga dijela (dijagram 1 na sl. 5.123).

U SI dijelu profila C–C' kod toponima *Oštra glavica* nalazi se rasjed s desnim horizontalnim pomakom koji presijeca i translata reverzni rasjed koji izdiže SI krilo antiklinalne strukture te dovodi na površini terena u neposredni kontakt jedinicu SD sa zapadne i jedinicu CN s istočne strane svojega pružanja (vidi PRILOG 1). **Prebačena antiklinala Jelovice** opisana kod profila A–A' i B–B', koja je navučena preko **navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna** na paleogensku ljuskavu strukturu prema JZ na profilu C–C' polako gubi svoja obilježja pa je tako strmo prebačeno JZ krilo tek dijelom zastupljeno dok je blago SI krilo još blaže nagnuto i jače dodatno borano (dijagram 2. na sl. 5.123). Tako je i kut nagiba slojeva krednih naslaga toga boranog dijela SI krila antiklinale prosječno oko 24°.



#### 5.4.1.4. Geološki profil D–D'

Geološki profil D–D' (sl. 5.124) se nalazi oko 1,5 km jugoistočno od profila C–C' (PRILOG 1). Azimut profila je 31° a ukupna mu je duljina 10,6 km. JZ dio profila zahvaća Pazinski flišni bazen na koji je u središnjem dijelu profila preko regionalnoga **reverznog rasjeda Crnica–Ročko polje** izdignuta paleogenska ljuskava struktura Čićarije. Unutar Pazinskoga flišnog bazena (na krajnjem JZ dijelu profila D–D') se nalazi i jedna paleogenska ljuska koja je slične strukturne građe kao i paleogenske ljuske u središnjem dijelu profila s razlikom da ta ljuska završava s dosta debelim slijedom flišnih naslaga za razliku od ljusaka u paleogenskoj ljuskavoj strukturi središnjega dijela profila koje završavaju razmjerno tankim slijedom naslaga jedinice PN i tek izuzetno rijetko s vrlo tankim slijedom flišnih naslaga.

Prema SI dijelu profila na paleogensku ljuskavu strukturu preko **navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna** JZ vergencije slijedi navlaka izgrađena od donjo- i gornjokrednih naslaga. Obilježja dosad opisivane **prebačene antiklinale Jelovice** SI dijela se na ovom području gube, tako da su od prebačenoga JZ krila antiklinalne strukture vjerojatno ostali samo relikti u naslagama jedinica GH te MI u čeonom dijelu navlake. Odnos te dvije litostratigrafske jedinice je također rasjedan jer nedostaje jedinica SD, pa su sukladno tome naslage jedinice MI kao starije reverzno izdignute na naslage jedinice GH. Treba naglasiti da je taj dio terena vrlo tektoniziran, naslage jedinice MI su još i dodatno dolomitizirane, a prilikom geološkoga kartiranja ovoga dijela teško je bilo odrediti pravu slojevitost naslaga. Dalje prema SI na naslage jedinice MI slijede reverzno izdignute starije kredne naslage s jedinicom CN u rasjednom kontaktu na površini terena. I kod toga reverznog rasjeda je tektonski transport u smjeru JZ, a kredne naslage su borane. Zapažaju se dvije bore: nešto manja sinklinala s naslagama jedinice MI u jezgri te široka **antiklinala Vodice** s najvjerojatnije najstarijim kartiranim krednim naslagama jedinice DR u jezgri. SI krilo te antiklinalne strukture je još dodatno rasjednuto s razmjerno malim, najvjerojatnije reverznim pomakom među jedinicama (**rasjed Vodice–M. Vršić**, u ovom dijelu strukture još pretpostavljen). I manja sinklinala i prostranija **antiklinala Vodice** imaju blago položena krila s dobro izraženom slojevitosti naslaga, o čemu svjedoči i veliki broj mjerenja položaja slojeva u ovom dijelu terena. Kut nagiba slojeva je prosječno oko 24° (dijagram 2 na sl. 5.124). Važno je naglasiti i da je u ovom dijelu istraživanoga područja u SI krilu **antiklinale Vodice** prijelaz iz starije u mlađu kedu u vapnenačkom razvoju (jedinice CN i MI na SI dijelu profila D–D'). Naime, kao



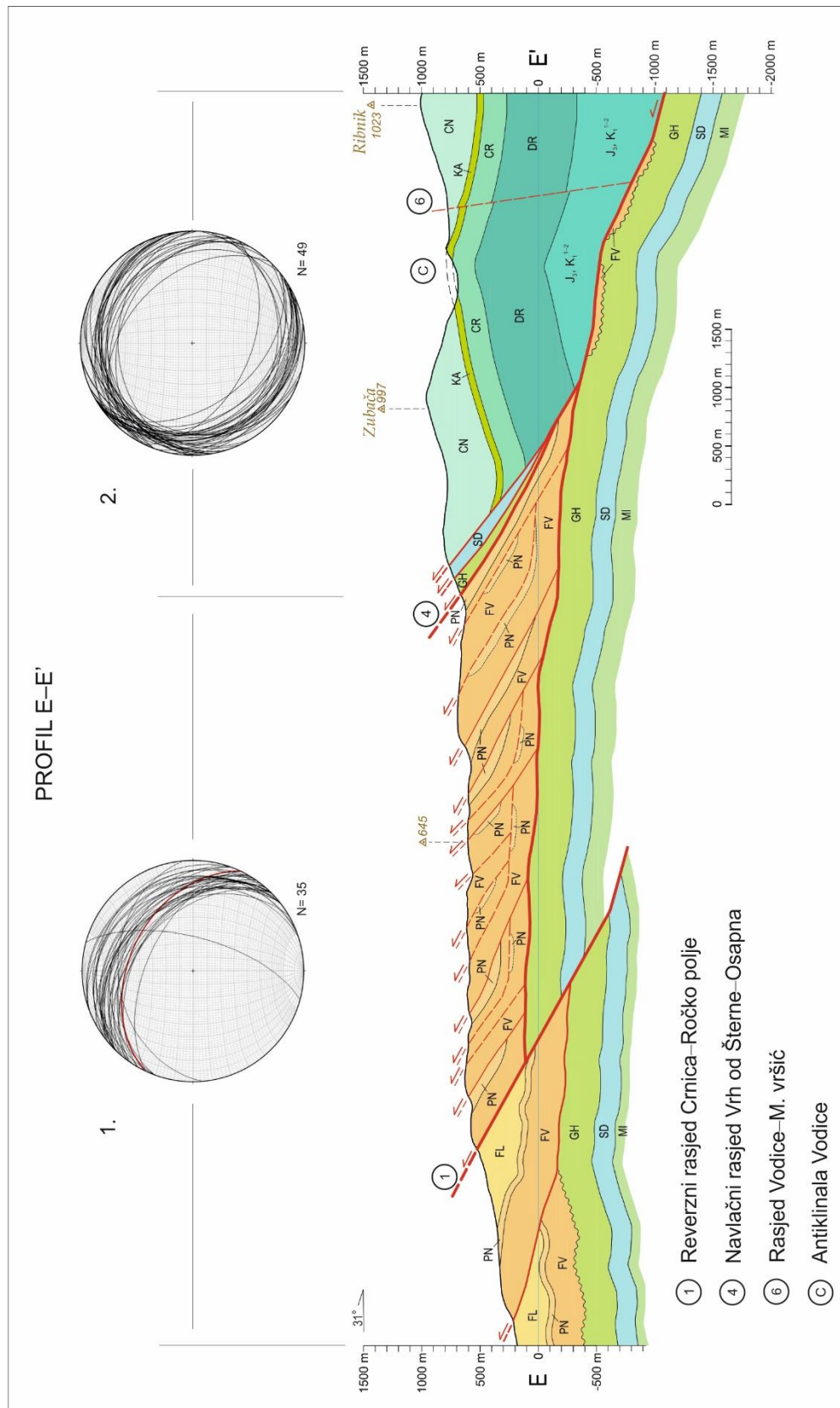
vrlo rijetka pojava na istraživanom području ovdje nisu zabilježene naslage jedinice SIS, odnosno mjestimice ima manjih pojava dolomita koji bi mogli odgovarati naslagama jedinice SIS oko same granice jedinica CN i MI u ovom dijelu terena, ali oni nisu bili dovoljne debljine za izdvajanje na geološkoj karti M 1:50.000. Stoga je i debljina litostratigrafske jedinice SIS u preglednom geološkom stupu i geološkim profilima pretpostavljenog raspona 0–150 m (PRILOG 1 – pregledni geološki stup, PRILOG 2).



#### 5.4.1.5. Geološki profil E–E'

Geološki profil E–E' (sl. 5.125) se nalazi približno 2,5 km jugoistočno od profila D–D' (PRILOG 1). Azimut profila je 31°, a ukupna mu je duljina oko 10,75 km. JZ i središnji dio profila su vrlo slični prethodno opisanom geološkom profilu D–D' s time da dijagram slojevitosti paleogenskih naslaga ne pokazuje boranost. Naime, na ovom dijelu istraživanoga područja koje presijeca profil E–E' ima manje terenski mjerenih podataka orijentacija slojevitosti i nisu zabilježena boranja u naslagama fliša (jedinice FL) u rubnom području Pazinskoga flišnog bazena, kao što je to slučaj u drugim dijelovima terena u kojima su naslage fliša uglavnom intenzivno borane. Tako su ovdje smjerovi nagiba slojevitosti dominantno prema SI (stereogram 1 na sl. 5.125).

U SI dijelu profila E–E' nakon **navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna** u navlaci izgrađenoj od krednih naslaga u vjerojatnom reliktu prebačenoga JZ krila **prebačene antiklinale Jelovice** (definirane na SZ dijelu istraživanoga područja) na površini terena su u čelu navlake najmlađe kredne naslage jedinice GH, a na njima u reverznom rasjednom kontaktu dalje prema SI slijede naslage jedinice SD. Tektonski transport je u smjeru JZ. Naslage jedinica SD i GH su u ovom dijelu istraživanoga područja značajno tektonski reducirane, a terenskim istraživanjima je zbog vrlo izraženoga utjecaja tektonike bilo teško i odrediti pravu slojevitost u tim naslagama. Na jedinicu SD dalje prema SI slijede reverzno izdignute borane donjokredne naslage. Na ovom dijelu istraživanoga područja te su donjokredne naslage još više izdignute u odnosu na prethodni profil D–D', pa je za pretpostaviti da se u jezgri antiklinalne strukture (**antiklinale Vodice**) pojavljuju i naslage podine jedinice DR koja je kao najstarija izdvojena na geološkoj karti istraživanoga područja (PRILOG 1). S obzirom da su naslage jedinice DR otrivske starosti, naslage podine bi odgovarale starijoj kredi, vjerojatno berijasu i valendisu te vrlo vjerojatno i najmlađoj juri. Stoga su te pretpostavljene naslage podine jedinice DR na profilima označene kao J<sub>3</sub>, K<sub>1</sub><sup>1-2</sup>. Stereogram slojevitosti toga dijela pokazuje izrazitu boranost krednih naslaga s blagim krilima smjerova nagiba prema JZ i SI te prosječne vrijednosti kuta nagiba slojeva od približno 22° (dijagram 2 na sl. 5.125). Pravci pružanja b osi bora se također mogu očitati iz dijagrama i oni ukazuju na pružanje SZ–JI (dinaridsko pružanje). Os b **antiklinale Vodice** ukazuje na smjer tonjenja prema SZ (vidi PRILOG 1).



**Slika 5.125.** Geološki profil E-E'. Stereogram 1 – slojevitost flišnih naslaga u podinskom krilu reverznoga rasjeda Crnica–Ročko polje te paleogenskih naslaga ljuskave strukture u podinskom krilu navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna (oznaka 4 na profilu). Stereogram 2 – slojevitost krednih naslaga u krovinskom krilu navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna.

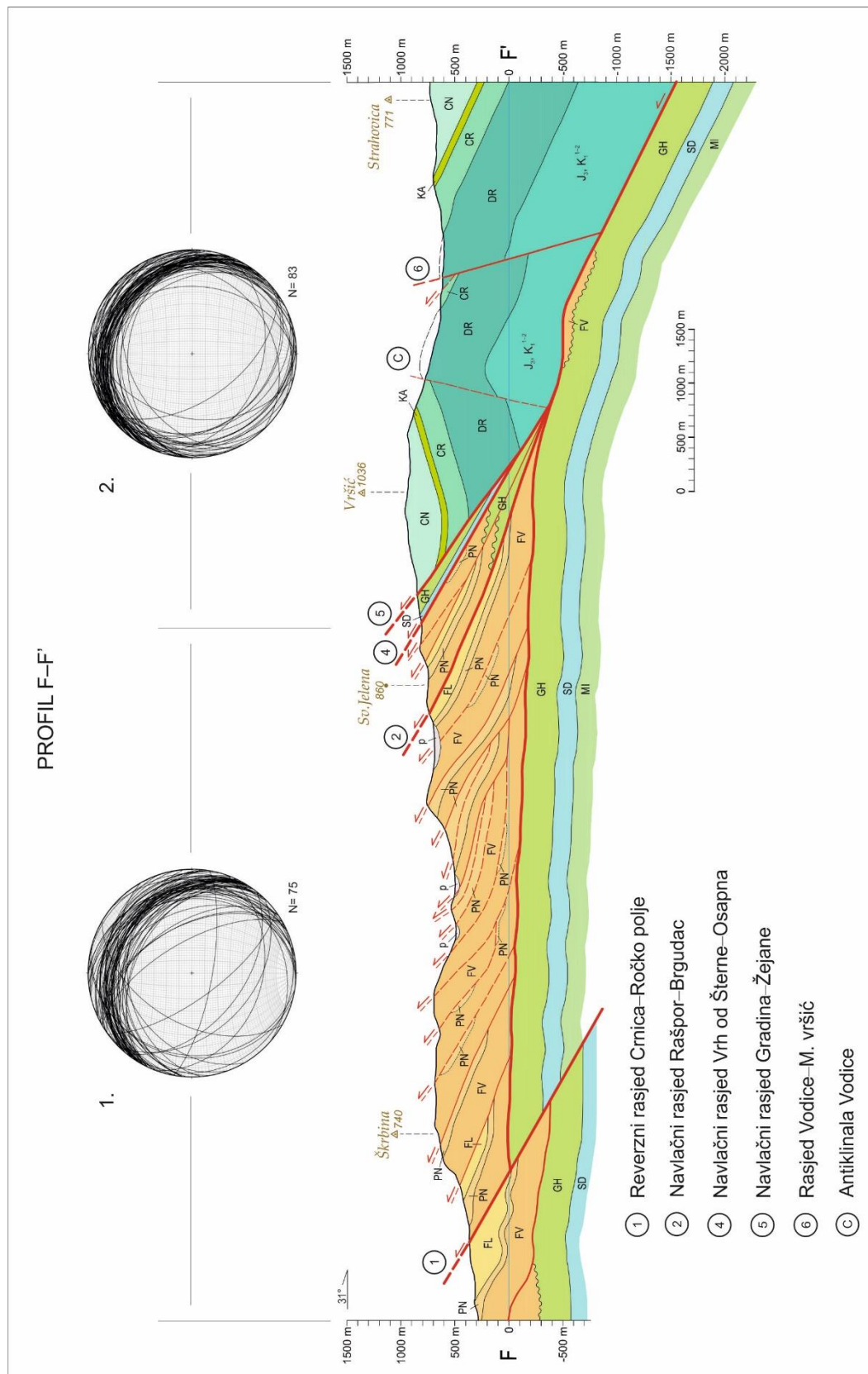
#### 5.4.1.6. Geološki profil F–F'

Geološki profil F–F' (sl. 5.126) se nalazi oko 2,9 km jugoistočno od profila E–E' (PRILOG 1). Azimut profila je 31° a ukupna duljina oko 11,5 km. JZ i središnji dio profila su vrlo slični prethodno opisanom geološkom profilu E–E', s time da su u ovom dijelu istraživanoga područja flišne naslage Pazinskoga flišnog bazena ponovno intenzivno borane, što se i vidi na dijagramu slojevitosti paleogenskih naslaga (dijagram 1 na sl. 5.126). U ovom dijelu istraživanoga područja profil F–F' presijeca paleogensku ljuskavu strukturu u kojoj prva paleogenska ljuska (u krovini **reverznoga rasjeda Crnica–Ročko polje**) te zadnja paleogenska ljuska (u podini **navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna**) završavaju s razmjerno tankim pojasom flišnih naslaga prije nove ljuske, odnosno navlake, što je na cijelom području istraživanja izuzetno rijetko jer Pg ljuske uglavnom završavaju s naslagama jedinice PN na kojima slijedi nova ljuska (vidi PRILOG 1).

U središnjem dijelu profila F–F' nalazi se **navlačni rasjed Rašpor–Brgudac** preko kojega su kredno–paleogenske naslage navučene na paleogensku ljuskavu strukturu sa smjerom tektonskoga transporta prema JZ. Taj dio strukture između **navlačnoga rasjeda Rašpor–Brgudac** i **navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna** je naizgled vrlo slične građe na površini terena kao i paleogenska ljuskava struktura JZ dijela Ćićarije, a ta sličnost se odražava u dvije ljuske izgrađene od paleogenskih naslaga. Međutim, vrlo je bitna razlika što u ovom dijelu strukture u takvom ljuskanju, odnosno reverznom ponavljanju paleogenskih naslaga vidljivom na površini terena sudjeluju i naslage podine, tj. kredne naslage, što nije slučaj u paleogenskoj ljuskavoj strukturi JZ dijela Ćićarije u kojem su Pg naslage od svoje kredne podloge odvojene dekolmanom te u ljuskanju i reverznom ponavljanju sudjeluju samo paketi paleogenskih naslaga.

U SI dijelu profila F–F' (sl. 5.126) na opisanu kredno–paleogensku navlaku preko **navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna** slijedi navlaka izgrađena od gornjokrednih naslaga jedinica SD i GH koje su u ovom dijelu strukture u normalnom položaju. Navlačni rasjed je nagnut prema SI dok strukture u njegovoj neposrednoj krovini ukazuju na smjer tektonskoga transporta prema JZ. Nakon nekoliko stotina metara preko **navlačnoga rasjeda Gradina–Žejane** slijedi nova navlaka izgrađena od boranih donjokrednih naslaga. I **navlačni rasjed Gradina–Žejane** je smjera nagiba prema SI i razmjerno blagoga kuta nagiba te je najvjerojatnije subparalelnog pružanja s prethodnim. Naslage donje krede su u toj navlaci borane s razmjerno blago položenim krilima, sa slojevitostima

smjera nagiba prema JZ i SI, dinaridskim pravcem pružanja osi b (SZ–JI) te kutom nagiba srednje vrijednosti oko  $21^\circ$ , što je vidljivo i na stereogramu slojevitosti (dijagram 2 na sl. 5.126). S obzirom da se donjokredne naslage jedinice DR, kao najstarije kartirane naslage na istraživanom području na ovom dijelu nalaze u središnjem dijelu antiklinalne strukture (**antiklinale Vodice**), za očekivati je da pretpostavljene podinske naslage gornje jure i starije krede (na profilu označene kao  $J_3$ ,  $K_1^{1-2}$ ) u tom dijelu nalaze najvjerojatnije razmjerno plitko, već na dubini od oko 500 m.



**Slika 5.126.** Geološki profil F–F'. Stereogram 1 – slojevitost flišnih naslaga u podinskom krilu reverznoga rasjeda Crnica–Ročko polje, paleogenskih naslaga ljuskave strukture te paleogenskih naslaga prve kredno–paleogene navlake u podinskom krilu navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna (oznaka 4 na profilu). Stereogram 2 – slojevitost krednih naslaga u krovinskom krilu navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna.

#### 5.4.1.7. Geološki profil G–G'

Geološki profil G–G' (sl. 5.127) se nalazi približno 1,8 km jugoistočno od profila F–F' (PRILOG 1). Azimut profila je 31°, a ukupna duljina oko 13,5 km. Profil G–G' je najdulji od svih profila, jer presijeca geološku kartu područja istraživanja u njezinom najširem dijelu (vidi PRILOG 1). S obzirom na razmjerno malu udaljenost, JZ dio profila G–G' je vrlo sličan prethodno opisanom profilu F–F' (rubni dio Pazinskoga flišnog bazena na koji je preko regionalnoga reverznog **rasjeda Crnica–Ročko polje** JZ vergencije izdignuta Pg ljuskava struktura sa smjerom tektonskoga transporta prema JZ). Dijagram slojevitosti JZ i središnjega dijela profila G–G' (stereogram 1 na sl. 5.127) pokazuje dominaciju smjerova nagiba slojevitosti prema SI te manje prema JZ, što je odraz boranja flišnih naslaga i boranih čeonih dijelova Pg ljustaka.

U središnjem dijelu profila G–G' nakon prve navlake izgrađene od kredno–paleogenskih naslaga koje su preko **navlačnoga rasjeda Rašpor–Brgudac** navučene na paleogensku ljuskavu strukturu prema JZ slijedi druga navlaka također izgrađena od kredno–paleogenskih naslaga koja je preko **navlačnoga rasjeda Stražica–Čerišnjevica** navučena na prethodnu. **Navlačni rasjed Stražica–Čerišnjevica** ima smjer nagiba prema SI, a osim u površinskom dijelu gdje je strmiji, vrlo je blagoga do subhorizontalnoga kuta nagiba. Krovinsko krilo toga rasjeda s kredno–paleogenkim naslagama ukazuje na smjer tektonskoga transporta prema JZ.

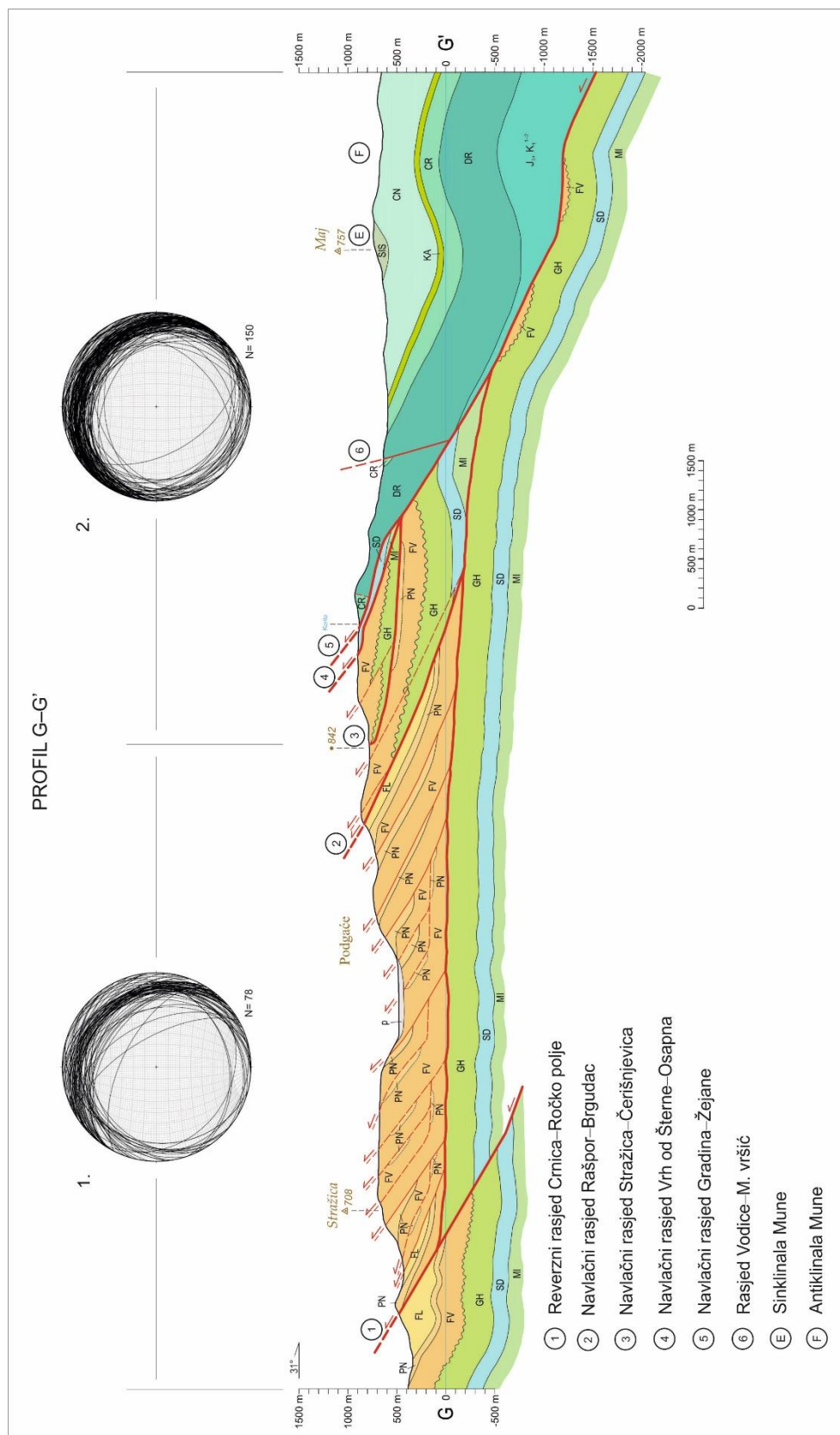
Dalje prema SI slijedi **navlačni rasjed Vrh od Šterne–Osapna** preko kojega su gornjokredne naslage jedinice SD navučene na prethodno opisanu navlaku izgrađenu od kredno–paleogenskih naslaga. Taj navlačni rasjed ima smjer nagiba prema SI, a u ovom dijelu strukture je evidentno vrlo blagoga kuta nagiba jer se neposredno JZ od presječne profila G–G' i površine terena nalaze izdanci jedinice FV iz njegovoga podinskog krila, odnosno iz druge navlake izgrađene od kredno–paleogenskih naslaga. Tako paleogenske naslage jedinice FV u ovom dijelu predstavljaju tektonsko okno (PRILOG 1). Već nakon nekoliko stotina metara dalje prema SI profil G–G' presijeca i **navlačni rasjed Gradina–Žejane** preko kojega su donjokredne naslage navučene na gornjokredne. I taj navlačni rasjed ima smjer nagiba ploha prema SI, a tektonski transport krovinskog krila u smjeru JZ.

Još dalje prema SI na profilu G–G' se nalazi **rasjed Vodice–M. vršić** dinaridskoga pružanja SZ–JI, smjera nagiba prema SI i vrlo strmoga kuta nagiba duž kojega



litostratigrafske jedinice imaju, barem prividno, reverzan karakter kretanja. Naime, duž pružanja ovoga rasjeda strukture i litostratigrafske jedinice koje on presijeca mogu imati i subhorizontalni te kosi i to najčešće desni karakter pomaka, što se na profilu odražava kao reverzan pomak SI krila razmjerno malih vrijednosti. S obzirom da su rezultati geološkoga kartiranja pokazali da navedeni rasjed ne presijeca već staje na **navlačnom rasjedu Gradina–Žejane** (sl. 5.41, PRILOG 1), shodno tome je pretpostavljena i njegova potpovršinska interpretacija, tj. on presijeca i reverzno izdiže naslage samo u krovinskom krilu **navlačnoga rasjeda Gradina–Žejane**.

Na SI dijelu profila G–G' nalaze se borane uglavnom donjokredne naslage koje izgrađuju **sinklinalu** i **antiklinalu Mune**. **Sinklinala Mune** u svojoj jezgri ima naslage jedinice SIS s prijelaza starije u mlađu kredu. **Antiklinala Mune** u svojem tjemenom dijelu na površini terena ima albske naslage jedinice CN dok joj se u samoj jezgri najvjerojatnije nalaze gornjojurske i naslage starije krede (podina jedinice DR), na profilu označene kao J<sub>3</sub>, K<sub>1</sub><sup>1-2</sup>. Boranost donjokrednih naslaga potvrđuje i stereogram slojevitosti (dijagram 2 na sl. 5.127) sa smjerovima nagiba slojevitosti prema JZ i SI s blagim kutom nagiba. Iz dijagrama je vidljivo i da su osi bora te sin- i antiklinalne strukture dinaridskoga pružanja, tj. SZ–JI.

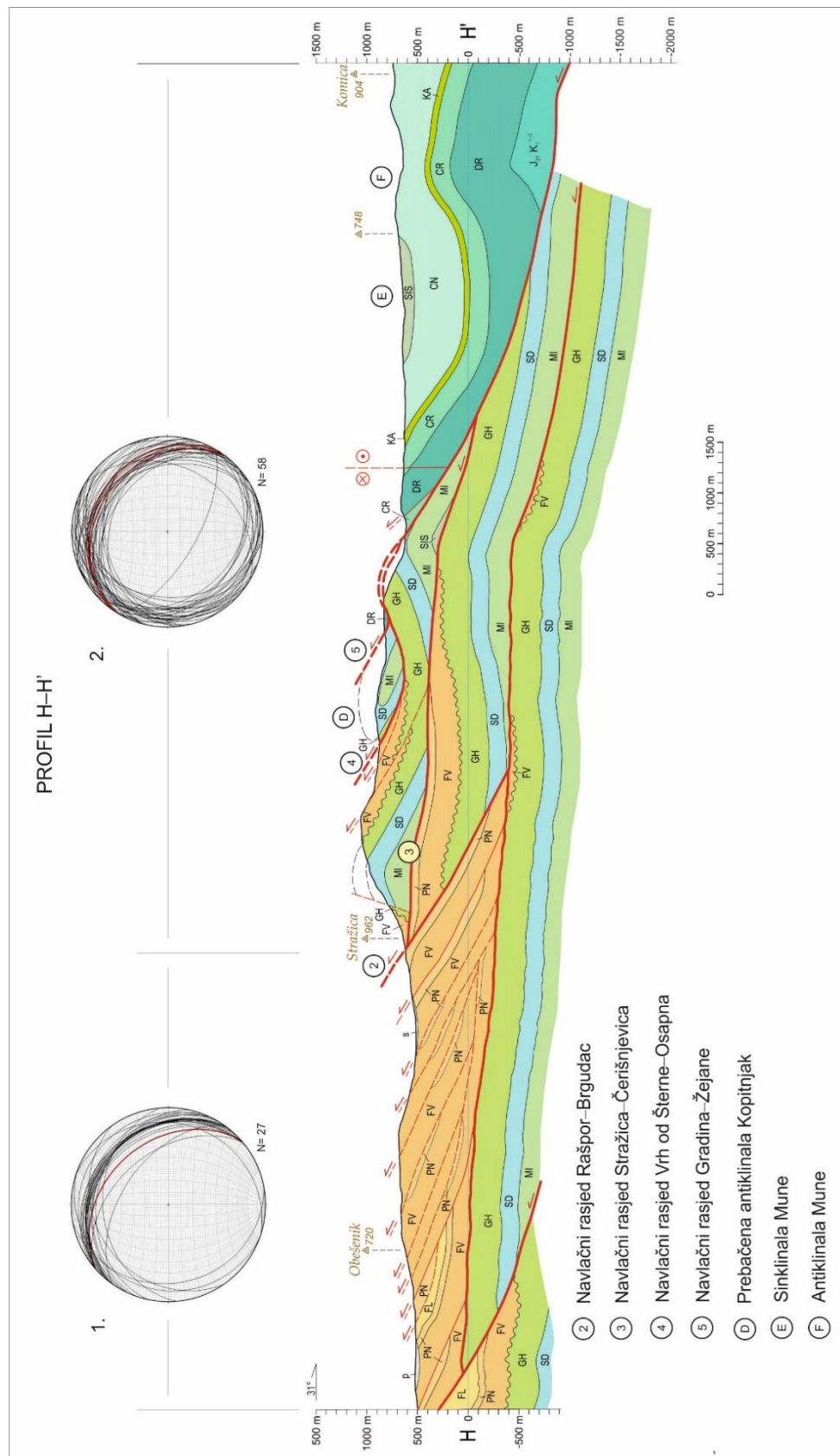


**Slika 5.127.** Geološki profil G–G'. Stereogram 1 – slojevitost flišnih naslaga u podinskom krilu reverznoga rasjeda Crnica–Ročko polje, paleogenskih naslaga ljuskave strukture te paleogenskih naslaga prve i druge kredno–paleogene navlake u podinskom krilu navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna (oznaka 4 na profilu). Stereogram 2 – slojevitost krednih naslaga u krovinskom krilu navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna.

#### 5.4.1.8. Geološki profil H–H'

Geološki profil H–H' (sl. 5.128) se nalazi oko 1,8 km jugoistočno od profila G–G' (PRILOG 1). Azimut profila je 31° a ukupna duljina oko 13,3 km. JZ dio profila presijeca Pg ljuskavu strukturu Čičarije te je vrlo sličan profilima od B–B' do G–G', osim što je na ovom dijelu istraživanoga terena područje paleogenske ljuskave strukture suženo u odnosu na prethodno spomenute profile. Razlog tog sužavanja je zbog dezintegracije čeonoga dijela **navlačnoga rasjeda Rašpor–Brgudac** te pomaka u smjeru JZ duž *tear* rasjeda (sl. 5.41, PRILOG 1). Krednih i paleogenskih naslaga iz prve navlačne strukture nema na površini terena jer su preko njih uz **navlačni rasjed Stražica–Čerišnjevica** navučene kredno–paleogenske naslage druge navlačne strukture. Taj navlačni rasjed je pretpostavljen razmjerno plitko ispod površine terena, a njegov krovinski dio u strukturnom smislu predstavlja antiklinalu čije je JZ krilo tektonski reducirano dok je SI krilo zadebljano uslijed reverznog ponavljanja naslaga jedinica GH i FV. U jezgri te antiklinalne strukture se pretpostavljeno najvjerojatnije nalaze naslage jedinice MI, a dalje prema SI u podinskom krilu **navlačnoga rasjeda Gradina–Žejane** u drugoj antiklinalnoj strukturi se u jezgri nalaze i starije naslage, najvjerojatnije jedinice SIS. U središnjem dijelu te druge navlačne strukture izgrađene od kredno–paleogenskih naslaga su preko **navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna** prema JZ navučene gornjokredne naslage **prebačene antiklinale Kopitnjak**. Navedena antiklinalna struktura u jezgri ima naslage jedinice MI, JZ krilo joj je prebačeno s kutovima nagiba slojevitosti od oko 25° što je otprilike i kut nagiba osne plohe bore te je ona gotovo i polegla. **Navlačni rasjed Vrh od Šterne–Osapna** se u ovom dijelu strukture nalazi vrlo plitko ispod površine terena jer je blagog do subhorizontalnog kuta nagiba, a u SI dijelu mijenja i smjer nagiba iz SI prema JZ. Bez obzira na tu promjenu smjera nagiba rasjedne plohe smjer tektonskoga transporta krovinskoga krila i dalje ostaje prema JZ. Na normalno položenom SI krilu **prebačene antiklinale Kopitnjak** nalazi se navlačak donjokrednih naslaga jedinice DR. Očito je taj navlačak samo reliktni navučeni naslaga jedinice DR koje su vjerojatno imale znatno veće prostiranje, a predstavljaju erozijski ostatak dijela velike navlake koja se nalazi dalje prema SI i u kojoj su kredne naslage preko **navlačnoga rasjeda Gradina–Žejane** navučene prema JZ. Sukladno svemu navedenom na profilu H–H' je konstruirana moguća geometrija toga navlačnog rasjeda u ovom dijelu istraživanoga područja.

SI dio profila H–H' predstavljaju borane kredne naslage u krovinskom bloku **navlačnoga rasjeda Gradina–Žejane**. One izgrađuju **sinklinalu** i **antiklinalu Mune** koje su već spomenute i prilikom opisa geološkoga profila G–G'. Osi b kod obje te bore imaju generalno dinaridski pravac pružanja SZ–JI (vidi PRILOG 1), uz vrlo blago položena krila, što je i u skladu s orijentacijama slojevitosti prikazanim na dijagramu (stereogram 2 na sl. 5.128), uz napomenu da se prebačena slojevitost označena crvenim tragovima ravnina na dijagramu odnosi na JZ krilo **prebačene antiklinale Kopitnjak**.



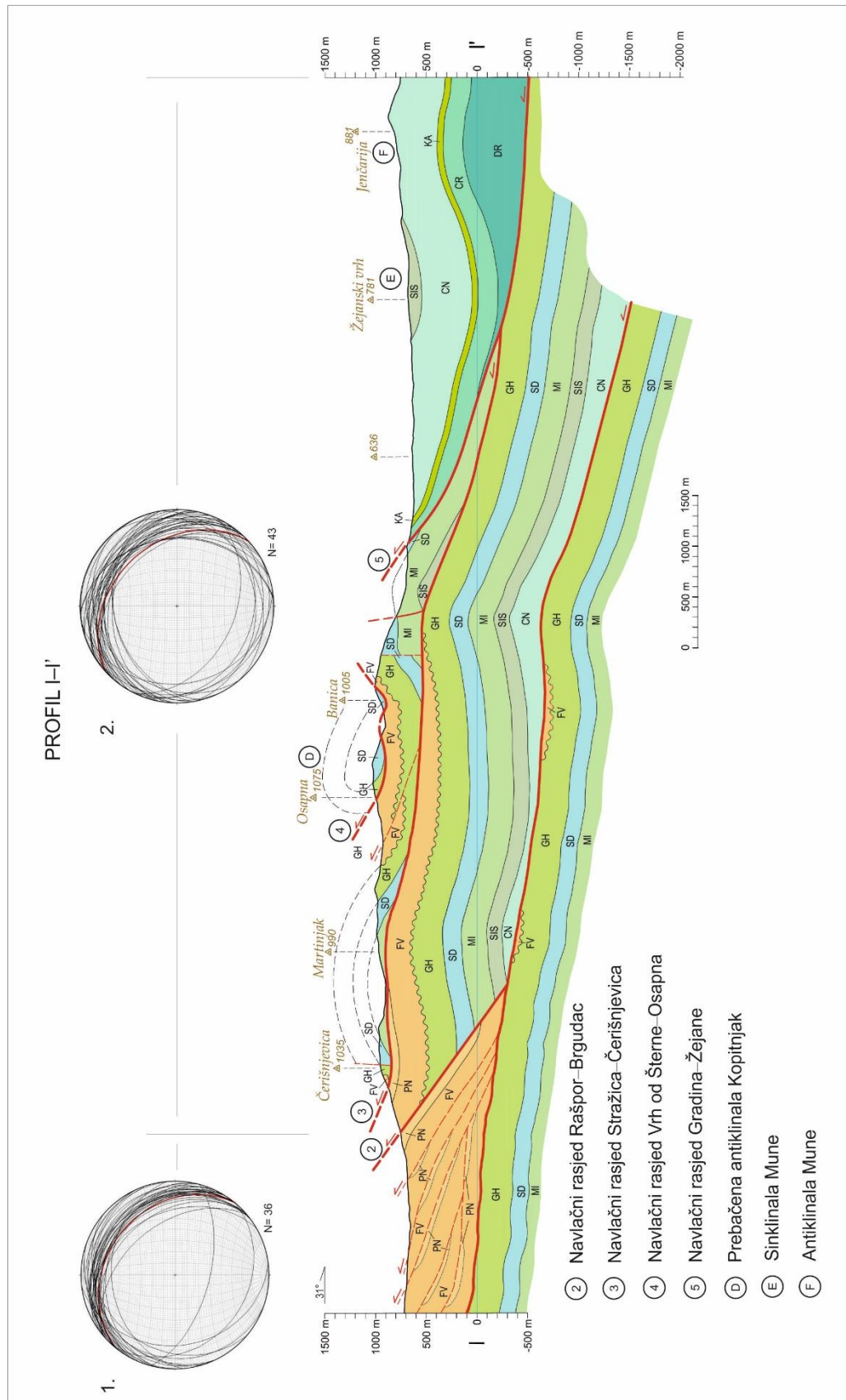
**Slika 5.128.** Geološki profil H-H'. Stereogram 1 – slojevitost paleogenskih naslaga ljuskave strukture Čičarije u podinskom krilu navlačnoga rasjeda Rašpor–Brigudac. Stereogram 2 – slojevitost krednih i paleogenskih naslaga u krovinskom krilu navlačnoga rasjeda Rašpor–Brigudac.

#### 5.4.1.9. Geološki profil I–I'

Geološki profil I–I' (sl. 5.129) se nalazi približno 1,8 km jugoistočno od profila H–H' (PRILOG 1). Azimut profila je 31°, a ukupna mu je duljina oko 12,2 km. JZ dio profila započinje u području paleogenskih ljustica i taj dio profila I–I' je po strukturnoj građi vrlo sličan prethodno opisanim geološkim profilima. Dijagram slojevitosti paleogenskih naslaga (stereogram 1 na sl. 5.129) pokazuje dominantan smjer nagiba prema SI dok su smjerovi nagiba prema JZ, kao i prebačeni slojevi označeni crvenim tragovima ravna na dijagramu, mjereni u samim frontama pojedinih paleogenskih ljustica gdje dolazi do boranja, odnosno prebacivanja čeonih dijelova izgrađenih od naslaga jedinice FV.

Središnji i SI dio profila I–I' su vrlo slični kao i kod profila H–H' s time što su ovdje naslage prve navlake izgrađene od kredno–paleogenskih naslaga prisutne na površini terena u krovinskom krilu **navlačnoga rasjeda Rašpor–Brgudac**. Isto tako, **navlačni rasjed Stražica–Čerišnjevica** preko kojega su naslage druge navlačne strukture izgrađene od kredno–paleogenskih naslaga navučene na prvu navlaku izlazi na površinu terena nekoliko stotina metara SI od **navlačnoga rasjeda Rašpor–Brgudac**. Položaj izdvojenih litostratigrafskih jedinica na geološkoj karti kao i pojava tektonskoga okna s paleogenskim naslagama jedinice FV koje ustvari predstavljaju podlogu, tj. podinsko krilo **navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna** (PRILOG 1) ukazuju, barem u ovom dijelu istraživanoga područja, na subhorizontalan, odnosno vrlo blagi kut nagiba ploha **navlačnih rasjeda Stražica–Čerišnjevica** i **Vrh od Šterne–Osapna**, kako je i prikazano na profilu (sl. 5.129).

Stereogram slojevitosti krednih i paleogenskih naslaga iz navlačnih struktura (dijagram 2 na sl. 5.129) pokazuje boranost tih naslaga te je također vrlo sličan dijagramu slojevitosti navlačnih i boranih struktura na profilu H–H'.



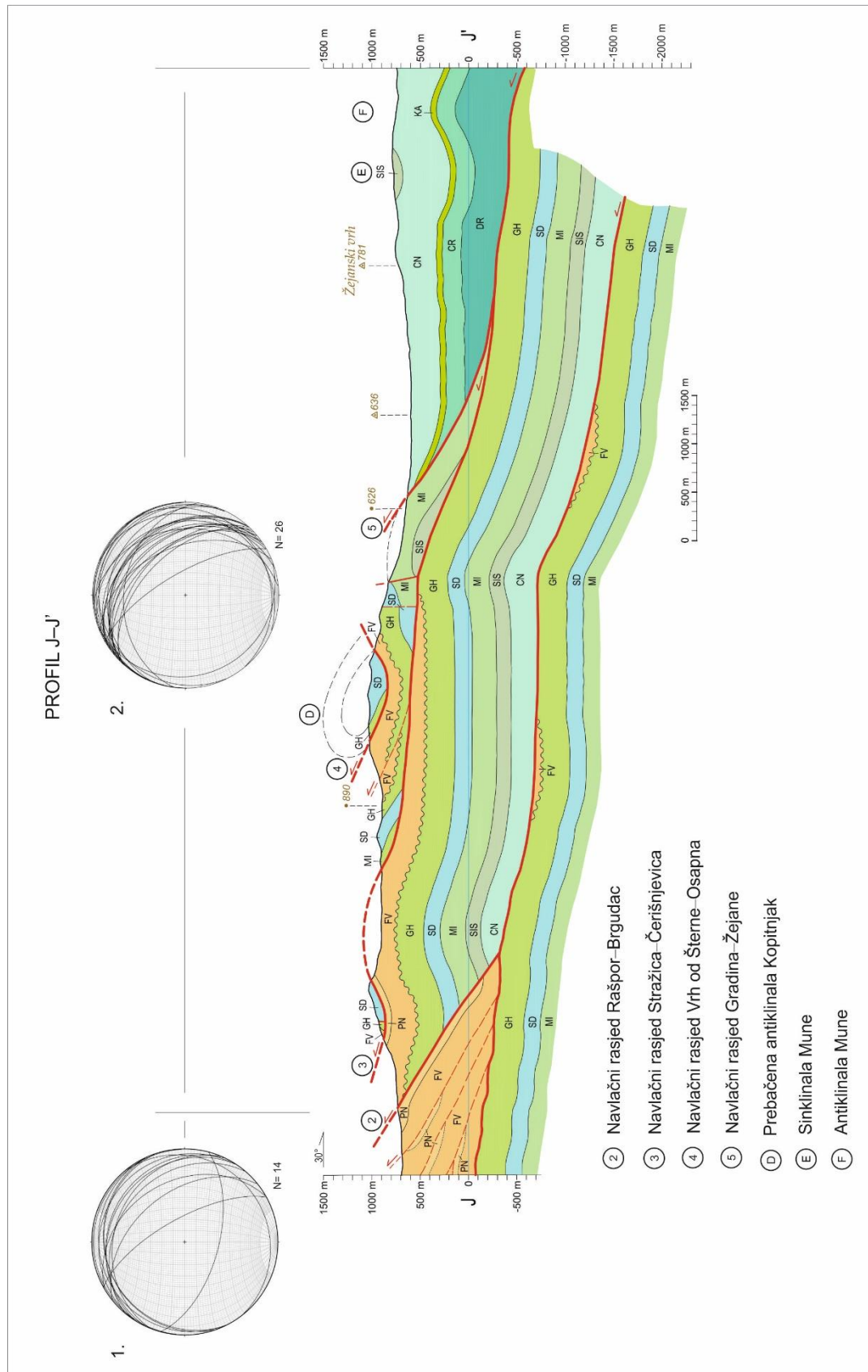
**Slika 5.129.** Geološki profil I-I'. Stereogram 1 – slojevitost paleogenskih naslaga ljuskave strukture Čičarije u podinskom krilu navlačnoga rasjeda Rašpor–Brğudac. Stereogram 2 – slojevitost krednih i paleogenskih naslaga u krovinskom krilu navlačnoga rasjeda Rašpor–Brğudac.

#### 5.4.1.10. Geološki profil J–J'

Geološki profil J–J' (sl. 5.130) se nalazi oko 0,75 km jugoistočno od profila I–I' (PRILOG 1). Azimut profila je 30°, a ukupna duljina oko 11,5 km. Razlog što je ovaj geološki profil povučen tako blizu prethodnom je u tome da profilna linija čak na tri mjesta presijeca **navlačni rasjed Stražica–Čerišnjevica** pa se na taj način razmjerno precizno mogla konstruirati njegova potpovršinska geometrija. Naime, rasjedna ploha toga navlačnog rasjeda je uglavnom subhorizontalna (čak i blago promjenjivog nagiba iz JZ u SI na JZ dijelu profila J–J') i dobrim dijelom se proteže vrlo plitko ispod površine terena prije nego što počne tonuti prema SI pod nešto većim kutom nagiba od 20–30°. Zanimljiva je i vrlo široka površinska pojava paleogenskih naslaga jedinice FV iz prve navlačne strukture izgrađene od kredno–paleogenskih naslaga, odnosno iz podinskoga krila **navlačnoga rasjeda Stražica–Čerišnjevica SZ** od lokaliteta Županj vrh (PRILOG 1). Razlog tako širokog prostiranja paleogenskih naslaga je u činjenici da su one u ovom dijelu borane, a ispod njih se razmjerno plitko nalaze podinske naslage gornjokredne jedinice GH. To znači da je razlika u strukturalnoj građi između ove navlake i paleogenske ljuskave strukture JZ dijela u tome što su ovdje naslage jedinice FV borane i transgresivno leže na stijenama podloge (jedinici GH) dok su u paleogenskoj ljuskavoj strukturi naslage jedinice FV fizički odvojene dekolmanskim horizontom od svoje gornjokredne podloge i višestruko su reverzno rasjedane i ponavljane po modelu *ramp and flat* geometrije. Isto tako, unutar paleogenske ljuskave strukture slojevitost naslaga jedinice FV je uglavnom smjera nagiba prema SI dok su boranja (i prebacivanja) slojeva vezana samo za fronte, tj. čeone dijelove pojedinih ljusaka.

Središnji i SI dio profila J–J' je po strukturalnoj građi vrlo sličan prethodno opisanom profilu I–I', što je i za očekivati s obzirom na razmjerno malu udaljenost između ta dva profila, a isto vrijedi i za dijagram slojevitosti krednih i paleogenskih naslaga iz navlačnih i boranih struktura (stereogram 2 na sl. 5.130).





**Slika 5.130.** Geološki profil J–J'. Stereogram 1 – slojevitost paleogenskih naslaga ljuskave strukture Čičarije u podinskom krilu navlačnoga rasjeda Rašpor–Brgudac. Stereogram 2 – slojevitost krednih i paleogenskih naslaga u krovinskom krilu navlačnoga rasjeda Rašpor–Brgudac.

#### 5.4.1.11. Geološki profil K–K'

Geološki profil K–K' (sl. 5.131) se nalazi na krajnjem jugoistočnom dijelu istraživana područja, oko 1,25 km jugoistočno od profila J–J' (PRILOG 1). Azimut profila je 31°, a ukupne je duljine oko 9,2 km. Ovaj profil samo svojim krajnjim JZ dijelom zahvaća paleogensku ljuskavu strukturu i to samo jedinicu PN koja se nalazi u podinskom krilu **navlačnoga rasjeda Rašpor–Brgudac**, tako da kod ovoga profila nije izrađen dijagram slojevitosti toga dijela.

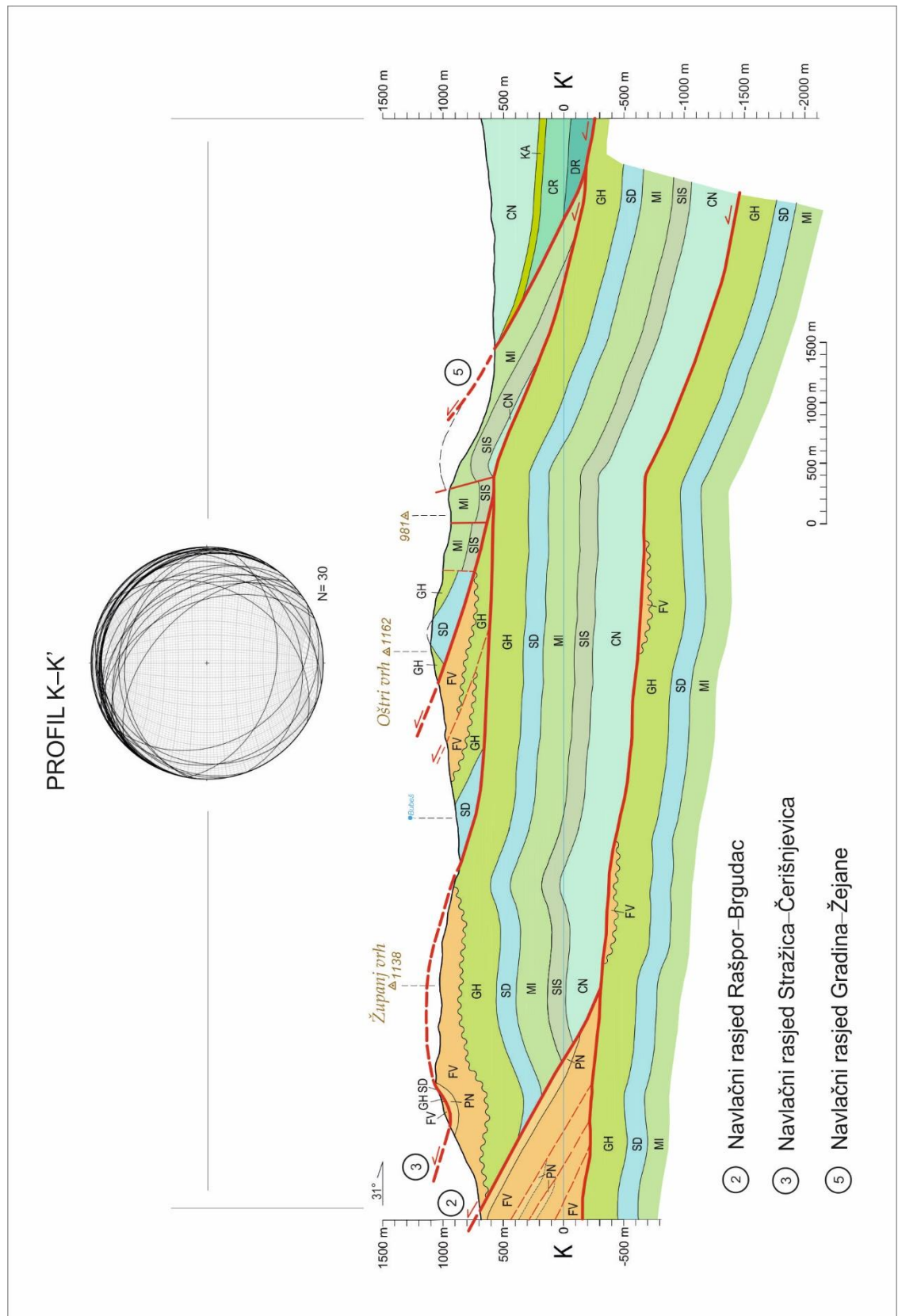
Na paleogensku ljuskavu strukturu u krovinskom bloku **navlačnoga rasjeda Rašpor–Brgudac** slijedi prva navlačna struktura izgrađena od kredno–paleogenkih naslaga. Kao i kod profila J–J' u podinskom krilu **navlačnoga rasjeda Stražica–Čerišnjevica** na površini terena kod lokaliteta Županj vrh se nalazi vrlo široka zona blago boranih paleogenkih vapnenaca jedinice FV (sl. 5.131). U njihovoj krovini, a u samoj podini **navlačnoga rasjeda Stražica–Čerišnjevica** nalaze se laporovite naslage jedinice PN koje svojim fizičko-mehaničkim svojstvima i plastičnosti omogućuju klizanje, odnosno navlačenje druge navlačne strukture izgrađene od kredno–paleogenkih naslaga iz krovinskoga bloka u smjeru JZ. SI od Županj vrha na površini terena, u neposrednoj podini **navlačnoga rasjeda Stražica–Čerišnjevica**, pojavljuju se i gornjokredne naslage jedinice GH kao stijene podine na koje transgresivno naliježu paleogenske naslage jedinice FV (sl. 5.181, PRILOG 1). To je još jedan pokazatelj i dokaz kako naslage jedinice FV oko Županj vrha nisu dio paleogenske ljuskave strukture JZ dijela Ćićarije već su dio prve navlačne strukture izgrađene od kredno–paleogenkih naslaga koja je navučena na paleogensku ljuskavu strukturu prema JZ.

U krovinskom bloku **navlačnoga rasjeda Stražica–Čerišnjevica** se u drugoj navlačnoj strukturi izgrađenoj od kredno–paleogenkih naslaga nalazi samo SI krilo antiklinalne strukture s gornjokrednim naslagama jedinica SD i GH na kojima se transgresivno nalaze Pg naslage jedinice FV. To krilo je još dodatno rasjednuto s reverznim ponavljanjem najmlađih naslaga u strukturi (jedinice GH i FV).

Dalje prema SI duž profila K–K' slijedi još jedan, neimenovani navlačni rasjed koji se vjerojatno površinski spaja s **navlačnim rasjedom Vrh od Šterne–Osapna** (PRILOG 1). Krovinski blok toga navlačnog rasjeda, odnosno sama navlaka je izgrađena od boranih krednih naslaga, u prvom dijelu antiklinale koja u središnjem dijelu na površini terena sadrži naslage jedinice SD. JZ krilo te antiklinale s naslagama jedinice GH je slabije

razvijeno i tektonski reducirano, dok su u SI krilu tektonikom na površinu terena izašle i starije gornjokredne naslage jedinice MI koje dalje prema SI izgrađuju središnji dio sljedeće antiklinalne strukture. U njihovoj podini se nalaze naslage jedinice SIS te jedinice CN kao vjerojatno najstarije u ovom dijelu strukture te kao moguća jezgra antiklinale.

Na krajnjem SI dijelu profila K–K' na površini terena su borane donjokredne naslage jedinice CN koje su vjerojatno dio JZ krila **sinklinale Mune** opisane kod prethodnih profila. One su, zajedno s podinskim naslagama starije krede (jedinice DR, CR i KA) dio krovinskoga bloka **navlačnoga rasjeda Gradina–Žejane**, odnosno navlačne strukture navučene prema JZ. I **navlačni rasjed Vrh od Šterne–Osapna** kao i **navlačni rasjed Gradina–Žejane** imaju približno istu geometriju rasjednih ploha – smjer nagiba prema SI s razmjerno blagim kutom nagiba te s tektonskim transportom u smjeru JZ.



**Slika 5.131.** Geološki profil K–K'. Stereogram prikazuje slojevitost krednih i paleogenskih naslaga iz navlačnih struktura krovinsoga krila navlačnoga rasjeda Rašpor–Brgudac.

## 6. RASPRAVA

### 6.1. LITOSTRATIGRAFSKE JEDINICE ISTRAŽIVANOGA PODRUČJA ĆIĆARIJE I USPOREDBA S DRUGIM PODRUČJIMA NEKADAŠNJE JADRANSKE KARBONATNE PLATFORME

Istraživano područje središnjega dijela Ćićarije i rubnoga sjeveroistočnog dijela Pazinskoga flišnog bazena izgrađuju naslage starije i mlađe krede te paleogena, uz razmjerno mali udio najmlađih, najvećim dijelom kvartarnih naslaga. Naslage krede i starijega paleogena su zastupljene karbonatnim stijenama, a naslage mlađega paleogena klastitima. Na novoj OGK RH M 1:50.000 središnjega dijela Ćićarije (koja sadrži i rubni dio Pazinskoga flišnog bazena – PRILOG 1) izdvojeno je ukupno osam neformalnih litostratigrafskih jedinica kredne starosti, stratigrafskog raspona od starije krede (otriva) do mlađe krede (konijaka), tri neformalne litostratigrafske jedinice paleogenske starosti raspona donji–gornji eocen i dvije jedinice pretežito kvartarne starosti.

Iz objektivnih razloga na istraživanom području nije bilo moguće snimanje detaljnih geoloških stupova kroz sve naslage i na taj način eventualno definiranje novih litostratigrafskih jedinica. Ipak, s obzirom da je i to područje dio nekadašnje Jadranske karbonatne platforme, sve izdvojene neformalne litostratigrafske jedinice kredne starosti odgovarale su po temeljnim značajkama nekima od već postojećih jedinica u širem području, pa su i na karti i u ovome radu nazvane prema opisanim jedinicama s tipskih lokaliteta na drugim dijelovima nekadašnje JKP. Svakako treba navesti da su promjene u taložnim okolišima uzrokovane tektonikom ili nejednolikom subsidencijom rezultirale donekle različitim slijedovima i debljinama naslaga pojedinih litostratigrafskih jedinica, ali njihove temeljne karakteristike, njihovi razvoji i debljine mogu se više ili manje usporediti, tj. korelirati na širem području nekadašnje Jadranske karbonatne platforme (VLAHOVIĆ et al., 2005).

Najstarije stijene istraživanoga područja Ćićarije koje se danas nalaze na površini terena su naslage litostratigrafske jedinice Dragozetići otrivske starosti. Ukupna debljina tih naslaga iznosi približno 600 m (PRILOG 1 – geološki stup). Naslage otriva istraživanoga područja Ćićarije su po svojim litološkim i facijesnim karakteristikama najbližije istodobnim naslagama opisanima na otoku Cresu pa je tako i preuzet naziv jedinice odabran prema lokalitetu snimanja istoimenoga geološkog stupa (FUČEK et al., 1995). Sličnost ovih naslaga na Ćićariji i na otoku Cresu je u tome da su na oba područja zastupljene debeloslojevitim vapnencima pretežito mikritnoga litotipa. Dominiraju madstoni, dok su zrnastiji varijeteti rijetki, a pojavljuju se kao tanki proslojci ili džepovi favreinskih pekstona–grejnstona. Naslage jedinice Dragozetići su

taložene pretežito u području plićega subtajdala, djelomice i donjega intertajdala (FUČEK et al., 1995). Debljina litostratigrafske jedinice Dragozetići na Cresu je oko 300 m (FUČEK et al., 2012, 2015), a ako se pogleda šire područje nekadašnje Jadranske karbonatne platforme debljina jedinice Dragozetići je prilično različita, pa tako npr. na otoku Hvaru debljina odgovarajućih naslaga iznosi samo 132 m (OŠTRIĆ et al., 2015).

U krovini slijede naslage litostratigrafske jedinice Cres baremske starosti, koje su također po prvi puta opisane na istoimenom otoku. Prvotno su te naslage opisivane kao jedinica Dragozetići-2 (FUČEK et al., 1995), a kasnije su preimenovane u jedinicu Cres (FUČEK et al., 2012). Sličnosti u razvojjima ovih naslaga na Čićariji i otoku Cresu su u tome da su predstavljene s tanje do srednje debelo slojevitim vapnencima koji se sastoje od izmjena madstona, peloidnih pekstona i skeletnih vekstona s algama i miliolidama. U izmjeni s navedenim litotipovima vapnenaca nalaze se i horizonti stromatolitnih laminita. Osim jasne promjene biofacijesnih obilježja u odnosu na naslage litostratigrafske jedinice Dragozetići najvažnije obilježje jedinice Cres je pojava breča s jasnim emerzijskim značajkama (FUČEK et al., 1995). Sedimentno-petrografska i biofacijesna analiza pokazala je da su ove naslage taložene u plitkom subtajdalu s umjerenom do visokom energijom vode te učestalim izronjavanjima (FUČEK et al., 1995). Debljina baremskih naslaga jedinice Cres na istraživanom području Čićarije je približno 150–200 m (PRILOG 1 – geološki stup), dok je na Cresu i na Lošinju njihova debljina oko 150 m (FUČEK et al., 2012, 2015). U području zapadne Istre baremske naslage opisane kao neformalna litostratigrafska jedinica Dvigrad su debljine 70–80 m (VLAHOVIĆ, 1999; MATIČEC et al., 2015, 2017).

Naslage barema u drugim područjima nekadašnje Jadranske karbonatne platforme su razmjerno sličnih litofacijesnih obilježja (česte emerzije te pojava stromatolitnih horizonata u slijedu naslaga) i fosilnoga sadržaja (važne su pojave zelenih alga roda *Salpingoporella*), ali su debljine pojedinih slojeva i ukupna debljina naslaga vrlo promjenjive. Tako neformalna litostratigrafska jedinica Goveđari baremske starosti opisana na otoku Mljetu ima debljinu oko 150 m (HUSINEC et al., 2016), na otoku Hvaru 78 m (OŠTRIĆ et al., 2015), na otoku Visu 90 m (KORBAR et al., 2012b), a na otoku Biševu čak 250 m (KORBAR et al., 2012b).

Naslage litostratigrafske jedinice Kanfanar donjoaptske starosti na istraživanom području Čićarije imaju debljinu procijenjenu na najviše 60 m (češće 30–50 m) – PRILOG 1 – geološki stup. Na ovom području one su zrnastijeg litotipa od istoimenih naslaga po kojima su nazvane, izvorno opisanih u zapadnoj Istri (VLAHOVIĆ, 1999) gdje prevladavaju muljni litotipovi uz karakteristične floutstone s onkoidima koje izgrađuju alge vrste *Bacinella irregularis*

RADOIČIĆ. Na istraživanom području Ćićarije su takvi jasno prepoznatljivi muljeviti litotipovi rjeđi. Uz spomenute baćinelske alge, za jedinicu Kanfanar karakteristična je i provodna foraminifera *Palorbitolina lenticularis* (BLUMENBACH). Gornja granica jedinice Kanfanar obilježena je razmjerno debelim paketom emerzijskih breča koje su posljedica regionalne aptsko–albske emerzije. Debljina litostratigrafske jedinice Kanfanar (član Sv. Petar i član Begovac zajedno) u području zapadne Istre iznosi oko 34 m (prema VLAHOVIĆ, 1999).

Naslage donjega apta su ponajprije po navedenom karakterističnom fosilnom sadržaju vrlo prepoznatljive ne samo u zapadnoj Istri i Ćićariji već i u širem području nekadašnje Jadranske karbonatne platforme. Stoga bez obzira na razmjerno malenu debljinu predstavljaju izvrstan reper za stratigrafsko razlučivanje i odvajanje podinskih baremskih i krovinskih albskih naslaga prilikom geološkog kartiranja. Debljina jedinice Kanfanar na otoku Cresu je oko 50 m (FUČEK et al., 2012, 2014, 2015), na otoku Hvaru oko 20 m (OŠTRIĆ et al., 2015) a na otoku Mljetu oko 20 m (HUSINEC et al., 2016). Istodobne i dobrim dijelom prilično usporedive s jedinicom Kanfanar, donjoaptske naslage otoka Visa izdvojene kao neformalna litostratigrafska jedinica Barjaška debljine su oko 75 m (KORBAR et al., 2012b), a na otoku Biševu oko 45 m (KORBAR et al., 2012b).

Za usporedbu s opisanim naslagama starije krede hrvatskoga dijela Vanjskih Dinarida treba navesti i susjedno područje Slovenije gdje je na geološkoj karti Tršćansko–Komenskoga platoa izdvojena formacija Brska. Ta jedinica obuhvaća dolomite i vapnence starosti od valendisa do zaključno gornjega apta, odnosno regionalne gornjoaptske emerzije, a ukupna debljina im je više od 500 m (JURKOVŠEK, 2008, 2010; JURKOVŠEK et al., 2013). Na području Ćićarije bi istodobne naslage starosnoga raspona kao Brska formacija uključivale naslage jedinica Dragozetići (starosti otriv), Cres (barem) te Kanfanar (apt). Vrlo sličan je i razvoj tih istodobnih naslaga te njihov mikrofosilni sadržaj.

U krovini jedinice Kanfanar slijede albske naslage jedinice Crna koje su dobile naziv po istoimenoj litostratigrafskoj jedinici opisanoj na otoku Cresu (FUČEK et al., 1995, 2012). I na području Ćićarije i na otoku Cresu naslage ove jedinice su prepoznatljive po dobroslojevitim vapnencima, nerijetko i laminiranim, debljine slojeva 10–35 cm, tek rijetko i više od 50 cm (dijelom prema FUČEK et al., 1995). Po sastavu ti vapnenci predstavljaju nepravilnu izmjenu madstona, skeletno-miliolidnih vekstona–pekstona, peloidnih pekstona, miliolidno-gastropodnih grejnstona te slojeva s tankoljuštturnim školjkašima iz skupine hama (dijelom prema FUČEK et al., 1995). Mikrofosilni sadržaj u naslagama jedinice Crna je također vrlo sličan na području Ćićarije i otoka Cresa. Sedimentno-petrografskom analizom je utvrđeno da

je ovakav tip naslaga taložen u plitkom subtajdalnom okolišu vrlo promjenjive energije vode (FUČEK et al., 1995).

Treba napomenuti da su naslage mlađega alba najvećim dijelom svog razvoja vrlo slične, a stoga i usporedive ne samo na području Istre i Ćićarije te otoka Cresa već i puno šire. To je zbog toga što su tijekom alba na gotovo cijelom prostoru Jadranske karbonatne platforme uglavnom prevladavali prilično ujednačeni uvjeti taloženja u vrlo plitkim taložnim okolišima (TIŠLJAR et al., 2002).

Debljina naslaga litostratigrafske jedinice Crna na istraživanom području Ćićarije procijenjena je na približno 500 m (PRILOG 1, geološki stup). Na otoku Cresu debljina naslaga jedinice Crna iznosi 200–250 m (FUČEK et al., 2012), na Dugom Otoku 150–200 m (FUČEK et al., 2016), na otoku Visu oko 320 m (KORBAR et al., 2012b), a na otoku Mljetu 375 m (HUSINEC et al., 2016). U području današnje zapadne Istre, gdje je spomenuta regionalna aptsko–albska emerzija najduže trajala, debljina naslaga jedinice Crna iznosi oko 180 m (MATIČEC et al., 2017).

Na naslagama jedinice Crna slijede naslage jedinice Sis koja je naziv dobila prema litostratigrafskoj jedinici opisanoj na istoimenom lokalitetu na otoku Cresu (FUČEK et al., 2012). Ove naslage su zastupljene dolomitima te postsedimentnim tektogeno–dijagenetskim i dolomitizacijskim „brečama“ (dijelom prema VLAHOVIĆ et al., 1995b, 2002), a vrlo su značajne jer jasno obilježavaju prijelaz iz starije u mlađu kredu, tj. iz alba u cenoman.

Debljina naslaga litostratigrafske jedinice Sis na istraživanom području Ćićarije je procijenjena na približno 150 m, a dobivena je na temelju izrade geološke karte i geoloških profila (PRILOZI 1 i 2) te rezultata istražnih bušenja za potrebe projekta svojedobno planiranog željezničkog tunela kroz Ćićariju (VLAHOVIĆ et al., 1995a). Međutim, zbog jake raspucanosti i tektoniziranosti naslaga mjestimice su dijagenetski procesi dolomitizacije zahvatili i deblji slijed naslaga pa je ponegdje debljina jedinice Sis moguće i do 250 m. Isto tako, na nekim lokalitetima na području Ćićarije na prijelazu iz donje u gornju kredu nema zabilježenih naslaga jedinice Sis, kao npr. sjeverno od mjesta Vodice u SSZ dijelu istraživanoga terena (vidi PRILOG 1). Na otoku Cresu njihova debljina je na sjevernom i središnjem dijelu približno oko 150 m, a zajedno s članom Hrasta oko 200 m (FUČEK et al., 2012), dok je na južnom dijelu otoka Cresa debljina tih naslaga i do 250 m (FUČEK et al., 2014, 2015). U drugim područjima nekadašnje Jadranske karbonatne platforme debljina litostratigrafske jedinice Sis vrlo je promjenjiva, pa je tako npr. na Dugom Otoku njezina debljina 150–200 m (FUČEK et al.,



2016), dok na otoku Hvaru u širem području Staroga Grada i Jelse ona doseže čak i preko 500 m (OŠTRIĆ et al., 2015), budući da je kasnodijagenetska dolomitizacija zahvatila i cijeli slijed gornjoalbskih naslaga. Istodobne naslage s prijelaza starije u mlađu kredu obilježene dolomitnim brečama u sjeverozapadnoj Sloveniji procijenjene su debljine veće od 100 m (JURKOVŠEK et al., 1996, 2013).

Na naslagama jedinice Sis na istraživanom području Čićarije u krovini slijede naslage litostratigrafske jedinice Milna čija je starost srednji–gornji cenoman dokazana na temelju bogate fosilne zajednice (vidi potpoglavlje Opis litostratigrafskih jedinica). Njezina debljina je približno 250 m (PRILOG 1 – geološki stup). Litostratigrafska jedinica Milna je po prvi puta opisana na otoku Braču (GUŠIĆ & JELASKA, 1990), a istodobne naslage na Čićariji su dobrim dijelom vrlo slične i po slojevitosti (pretežu tanje do srednje debelo slojeviti, rjeđe i deblje slojeviti vapnenci), po tipovima stijena (madstoni i peloidno-skeletni vekstoni/pekstoni te stromatolitni laminiti) te po fosilnom sadržaju (detalji u potpoglavlju Opis litostratigrafskih jedinica). Na otoku Braču je debljina tih pretežito plitkomorskih naslaga približno 400 m. U susjednim područjima, npr. u sjevernoj Istri, debljina jedinice Milna je veća od 320 m (VELIĆ i VLAHOVIĆ, 1994).

U drugim područjima nekadašnje Jadranske karbonatne platforme jedinica Milna je vrlo promjenjive debljine: na otoku Cresu i susjednom otoku Lošinju ukupna debljina iznosi oko 200 m (FUČEK et al., 2012, 2014, 2015), u širem području Vinodolske doline procijenjena debljina je oko 250 m (PALENIK et al., 2019), na otoku Premudi oko 200 m (FUČEK et al., 2018), na Dugom Otoku 250–300 m (FUČEK et al., 2016), na otocima Šolti i Drveniku Velikom mjestimice i više od 400 m (KORBAR et al., 2017), na Kornatskom otočju oko 300 m (BRČIĆ et al., 2019), na otoku Hvaru 180–300 m (OŠTRIĆ et al., 2015), na otoku Visu do 375 m (KORBAR et al., 2012b) a na otoku Mljetu više od 250 m (HUSINEC et al., 2016).

Na jedinici Milna slijedi litostratigrafska jedinica Sv. Duh gornjocenomansko–donjoturanske starosti. Debljina tih naslaga s pelagičkim utjecajem (dokazanim brojnim kalcisferama i mjestimice prisutnim planktonskim foraminiferama) na istraživanom području Čićarije je 110–140 m (BRČIĆ, 2015; BRČIĆ et al., 2017), odnosno najviše do 200 m što je procijenjeno na temelju nove geološke karte i profila (PRILOZI 1 i 2). Na otoku Braču gdje je po prvi puta opisana debljina te jedinice iznosi oko 110 m (GUŠIĆ & JELASKA, 1990).

U drugim područjima nekadašnje Jadranske karbonatne platforme debljina naslaga jedinice Sv. Duh je promjenjiva, pa je tako na otocima Cresu i Lošinju 50–100 m (FUČEK et

al., 2012, 2014, 2015), u širem području Vinodolske doline približno oko 100 m (PALENIK et al., 2019), na otocima Šolti i Drveniku Velikom 50–100 m (KORBAR et al., 2017) te na Kornatskom otočju oko 90 m (BRČIĆ et al., 2019). U sjeverozapadnoj Sloveniji debljina naslaga koje su istodobne s litostratigrafskom jedinicom Sv. Duh je 70–200 m, odnosno ne veća od 200 m (JURKOVŠEK et al., 1996, 2013; JURKOVŠEK, 2008, 2009) dok je SSI od istraživanoga područja Čićarije, u području Matarskoga podolja (JZ Slovenija) debljina istodobnih naslaga s pelagičkim utjecajem 90–100 m (JEŽ et al., 2011).

Najmlađe kredne naslage koje izdanjuju na istraživanom području središnje Čićarije su naslage litostratigrafske jedinice Gornji Humac, starosti turon–konijak. Debljina te litostratigrafske jedinice na Čićariji je vjerojatno veća od 300 m (PRILOG 1 – geološki stup), a na tipičnom lokalitetu na otoku Braču gdje je prvi puta opisana ukupna debljina iznosi i do 500 m (GUŠIĆ & JELASKA, 1990). Naslage jedinice Gornji Humac na Čićariji su razmjerno slične onima na otoku Braču, predstavljene su tanje do srednje debelo slojevitim vapnencima taloženim u plitkim, mirnijim zaštićenim okolišima. Okoliši taloženja ovih naslaga su vrlo slični kao i kod naslaga litostratigrafske jedinice Milna pa su i litotipovi vapnenaca kod ove dvije jedinice uglavnom muljni, a ako naslage ne sadrže karakteristične provodne fosile ponegdje ih je i teško razlikovati. Međutim, naslage jedinica Milna i Gornji Humac su međusobno odvojene pelagičkim naslagama litostratigrafske jedinice Sv. Duh (dijelom prema GUŠIĆ & JELASKA, 1990) što najčešće omogućuje znatno lakše terensko razlučivanje, tj. geološko kartiranje i izdvajanje. Mikrofosilni sadržaj naslaga jedinice Gornji Humac je vrlo sličan i na Čićariji i na otoku Braču, a uz skandonejske tipove bentičkih foraminifera karakteristična je i mjestimice masovna pojava dekastronema i taumatoporela. Treba navesti da su na Čićariji osim plitkovodnih muljnih tipova vapnenaca naslage jedinice Gornji Humac vrlo često zastupljene i debeloslojevitim do masivnim rekristaliziranim madstonima i bioklastičnim vapnencima s promjenjivim udjelom rudista i njihovoga kršja.

U drugim područjima nekadašnje Jadranske karbonatne platforme debljina naslaga jedinice Gornji Humac vrlo je raznolika, a najviše ovisi o ukupnom vremenskom trajanju taloženja prije početka regionalne emerzije između krede i paleogena koja je zabilježena gotovo u svim njezinim dijelovima. Tako je razmjerno blizu područja Čićarije, u području Vinodolske doline debljina litostratigrafske jedinice Gornji Humac samo oko 100 m jer je regionalna emerzija prije taloženja paleogenskih naslaga započela tijekom mlađega turona (prije približno 90 milijuna godina), što je pokazatelj tektonske dinamike i ranijeg izdizanja toga dijela nekadašnje Jadranske karbonatne platforme (PALENIK et al., 2019). Debljina naslaga jedinice

Gornji Humac je na otocima Cresu i Lošinju do najviše 200 m (FUČEK et al., 2012, 2014, 2015), na Silbi 100–120 m (FUČEK et al., 2018), na Dugom otoku više od 400 m (FUČEK et al., 2016), na Šolti i Drveniku Velikom također više od 400 m (KORBAR et al., 2017), na otoku Hvaru više od 500 m (OŠTRIĆ et al., 2015), na Visu oko 250 m (KORBAR et al., 2012b), dok je na Kornatskom otočju zabilježena debljina od čak 400–750 m (BRČIĆ et al., 2019). U susjednoj Sloveniji, u području Matarskoga podolja SSI od istraživanoga područja Čićarije, debljina istodobnih naslaga taloženih u plitkomorskim uvjetima je približno 370 m (JEŽ et al., 2011). Tako velike debljine naslaga litostratigrafske jedinice Gornji Humac na pojedinim lokalitetima nekadašnje Jadranske karbonatne platforme posljedica su kontinuiranog taloženja u sličnim uvjetima kroz znatno duže vrijeme, sve do mlađega santona (npr. na otoku Hvaru – OŠTRIĆ et al., 2015 te jugoistočnom dijelu Dugog otoka – FUČEK et al., 2016), ili kampana (npr. središnji dio Kornata – BRČIĆ et al., 2019), a ponegdje je taloženje u pretežito plitkomorskim uvjetima trajalo čak i do mastrihta (npr. na nekim dijelovima otoka Brača – GUŠIĆ & JELASKA, 1990).

Na naslagama najmlađe krede istraživanoga područja Čićarije transgresivno slijede paleogenske naslage. Paleogenska transgresija i taloženje naslaga foraminiferskih vapnenaca na najmlađe kredne naslage konijačke starosti na ovom području započinje negdje tijekom starijega eocena, a moguće barem mjestimice već i tijekom najmlađega paleocena. Naslage jedinice foraminiferski vapnenci (FV) prekrivaju veliki dio jugozapadnoga dijela istraživanoga područja (PRILOG 1) gdje izgrađuju Čićarijsku ljuskavu strukturu. Procijenjena debljina jedinice FV je približno 250 m što je dobiveno analizom geološke karte i profila (PRILOZI 1 i 2). Na OGK SFRJ 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972) ukupna debljina naslaga koje pripadaju foraminiferskim vapnencima je procijenjena na približno 230 m. U području zapadne i sjeverozapadne Istre debljina jedinice FV je oko 100 m (MATIČEC et al., 2017). U drugim područjima današnjih Dinarida debljina tih naslaga je vrlo promjenjiva, ovisno o razvedenosti paleoreljefa na kojem su taloženi foraminiferski vapnenci, zatim o lokalnoj subsidenciji te o trajanju stratigrafskoga hijatusa. Tako je npr. na otocima Cresu i Lošinju debljina jedinice FV veća od 200 m (FUČEK et al., 2012, 2014, 2015), na Silbi i Premudi iznosi oko 200 m (FUČEK et al., 2018), na Kornatskom otočju više od 170 m (BRČIĆ et al., 2019), na otoku Čiovu više od 250 m (KORBAR et al., 2017), a na otoku Biševu oko 110 m (KORBAR et al., 2012b). Osim na Jadranskim otocima, naslage jedinice FV su opisane i u kopnenom dijelu Dinarida, pa je tako npr. njihova debljina u kanjonu rijeke Čikole oko 255 m (ŠPANIČEK et

al., 2017) dok je u području Ravnih Kotara izmjerena debljina od 230–280 m (DROBNE et al., 1991).

Prije taloženja flišnih naslaga tijekom produbljavanja paleogenskih bazena kontinuirano na foraminiferskim vapnencima taložene su prijelazne naslage (PN). Na istraživanom području Ćićarije jedinica PN se sastoji pretežito od globigerinskih lapora plavkastosive do sive boje, a debljina tih naslaga je procijenjena na najviše 60 m (PRILOG 1, geološki stup). Na OGK SFRJ 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972) prikazana debljina prijelaznih naslaga je oko 200 m, dok je debljina fliša procijenjena na 400–650 m, što se prvenstveno odnosi na flišne naslage Pazinskoga bazena koje su u ovom radu istraživane samo u njihovom krajnjem rubnom dijelu.

## 6.2. PALEOGEOGRAFIJA ISTRAŽIVANOGA PODRUČJA ĆIČARIJE, ISTRE I ŠIREGA PODRUČJA TIJEKOM KREDE I PALEOGENA

Rezultati geoloških i strukturnih istraživanja u području središnjega dijela Ćićarije ukazuju na vrlo kompleksnu tektogenezu istraživanoga područja kroz kredu i paleogen, ali i mlađa razdoblja (neogen i kvartar), što je rezultiralo formiranjem recentne geološke građe i strukturnoga sklopa istraživanoga područja. Kao važan aspekt tektogeneze potrebno je razmotriti i paleogeografske odnose istraživanoga ali i širega područja, tj. pokušati objasniti paleogeografske odnose koji su vladali tijekom taloženja naslaga koje danas izgrađuju ovo područje.

Područje istraživanja u današnjim geografskim koordinatama predstavlja SZ dio nekadašnje Jadranske karbonatne platforme koja je egzistirala oko 115 milijuna godina, od najmlađega dijela starije jure do kraja krede (VLAHOVIĆ et al., 2005), a mjestimice i do najstarijeg paleocena (CVETKO TEŠOVIĆ et al., 2020 i reference u tome radu). Na tektogenezu i današnji strukturni sklop ovoga područja najviše su utjecali regionalni tektonski procesi odnosno mlađekredna i postkredna tektonika uzrokovana dinamikom kontinuirane konvergencije Jadranske mikroploče i Euroazijske ploče (npr. SCHMID et al., 2008; ŠRODOŃ et al., 2018).

Međutim, osim najvidljivijih posljedica tektonike uzrokovane konačnom kolizijom tektonskih ploča koja je rezultirala izdizanjem planinskoga lanca Dinarida vrlo je važna bila i sinsedimentacijska tektonika. Utjecaj tektonike na plitkovodnim platformama kao što je bila Jadranska karbonatna platforma iako najčešće nije jasno vidljiv, predstavlja temeljni uvjet za nastanak i održavanje karbonatnih platforma (prema VLAHOVIĆ, 1999).

Jadranska karbonatna platforma je, uz manje lokalne, ali i regionalne prekide taloženja u obliku povremenih kraćih ili dužih prekida sedimentacije i izranjanja, egzistirala kroz značajan dio jure i cijelu kredu, a zbog stalno prisutne sinsedimentacijske tektonike i njezinoga dodatnog utjecaja na raspored okoliša taloženja reljef platforme je bio promjenjiv. Tako dugo trajanje Jadranske karbonatne platforme i stalno stvaranje akomodacijskoga prostora razmjerno stabilnom subsidencijom, uz veliku produkciju vapnenačkoga materijala rezultiralo je stvaranjem vrlo debeloga karbonatnog kompleksa u Dinaridima (VELIĆ et al., 2002).

Sinsedimentacijska tektonika, uz stalno prisutnu subsidenciju platforme, ima značajnu ulogu i zbog toga što je uz intrinzičke taložne procese bila jedan od glavnih čimbenika koji je uzrokovao formiranje različitih taložnih okoliša kroz vrijeme i prostor. Pretežito vrlo blage bore i manji rasjedi nastali sinsedimentacijskom tektonikom utjecali su na taložni prostor, dubinu okoliša i raspoloživi akomodacijski prostor, a samim time i na vrstu i količinu sedimenata koji su se mogli taložiti. Utjecaj sinsedimentacijske tektonike teško je utvrditi tijekom terenskih istraživanja jer se u platformnim uvjetima uglavnom radi o vrlo blagim strukturama koje se mogu prepoznati tek korelacijom naslaga na vrlo širokom prostoru. Pored toga posljedice sinsedimentacijske tektonike su često naknadno zamaskirane pod utjecajem kasnijih tektonskih pokreta koji su reaktivirali postojeće rasjede ili preboravali starije strukture. SZ dio nekadašnje Jadranske karbonatne platforme, kojem pripada istraživano područje Ćićarije ali i cijela Istra, bio je prilično dinamičan tijekom krede (MATIČEC et al., 1996), dok su u mlađoj kredi tektonski pokreti uzrokovani konvergencijom Jadranske mikroploče i Euroazijske ploče već uzrokovali početak izdizanja pojedinih tektonskih blokova u širem području (npr. LAWRENCE et al., 1995; ŠRODOŃ et al., 2018). Sve navedeno je imalo veliki utjecaj na prikrivanje starije tektonike koja je djelovala tijekom formiranja taložnih prostora i taloženja naslaga. Zbog toga litostratigrafski stup naslaga nekoga područja ima veliko značenje jer nam slijed naslaga može ukazati na razvoj različitih okoliša taloženja uzrokovanih lokalnom sinsedimentacijskom tektonikom te na samu dinamiku evolucije karbonatne platforme. Sinsedimentacijska tektonika se ne mora uvijek iskazati značajnijim tektonskim deformacijama (npr. rasjedima s većim pomacima ili velikim borama), ali njezino postupno i kontinuirano djelovanje se odražava na dinamici platforme kroz lateralne i vertikalne promjene facijesa i debljine naslage koje su zabilježene u litostratigrafskom stupu i slijedu naslaga nekoga područja (dijelom prema MATIČEC, 1998).

Tijekom otriva i barema u području današnje Ćićarije i zapadne Istre, ali i na nekim drugim dijelovima nekadašnje Jadranske karbonatne platforme kao npr. na otoku Cresu (FUČEK et al., 1995) sedimentacija se odvijala pretežito u periplimnim okolišima, što

podrazumijeva niskoenergijske potplimne, plimne i natplimne okoliše te plimne ravnice unutarnjega dijela karbonatne platforme (djelomično prema VLAHOVIĆ, 1999). S obzirom na takav plitkomorski okoliš taloženja te utjecaj nejake, ali kontinuirano prisutne kompresijske tektonike koja je tijekom cijele starije krede na području današnje Istre djelovala regionalnim paleonaprezanjem po pravcu približno SZ–JI (MATIČEC et al., 1996), pojedini dijelovi platforme su povremeno izranjali. Tijekom otriva i barema, osim u drugim područjima Istre, to je vidljivo i u stupu litostratigrafskih naslaga Ćićarije u obliku povremenih prekida sedimentacije. Na Ćićariji je u litostratigrafskoj jedinici Dragozetići otrivske starosti zabilježeno nekoliko emerzijskih horizonata, koji mjestimice mogu sadržavati i „*black pebble*“ fragmente. Ipak takve subaerske ekspozicije taloga tijekom otriva na području današnje Ćićarije nisu bile toliko česte, a vjerojatno su bile i kratkotrajnije od onih opisanih u području zapadne Istre u istodobnom facijesu člana Gustinja (VLAHOVIĆ, 1999), kasnije preimenovanom u istoimenu litostratigrafsku jedinicu (MATIČEC et al., 2015, 2017). Zbog češćih i duljih emerzijskih epizoda debljina naslaga jedinice Gustinja istaloženih tijekom otriva u području današnje zapadne Istre je najviše do 108 m (VLAHOVIĆ, 1999; MATIČEC et al., 2015, 2017), za razliku od znatno veće debljine istodobnih naslaga litostratigrafske jedinice Dragozetići na području Ćićarije koja iznosi vjerojatno i više od 600 m.

Pred kraj starijega apta ili tijekom mlađega apta područje Dinarida je zahvatila regionalna emerzija različitoga trajanja, ovisno o paleogeografskim odnosima (VELIĆ et al., 1989). Ona je bila posljedica međudjelovanja tektonike i promjene relativne razine mora na cijeloj platformi tijekom mlađega apta, jer je na prijelazu apt–alb globalna eustatska razina mora bila niska (prema HAQ et al., 1987). Međutim, ta regionalna emerzija je na području današnje zapadne Istre započela u različito vrijeme, negdje već i u mlađem baremu, a i različito dugo je potrajala, što je još jedan očiti pokazatelj lokalne sinsedimentacijske tektonike (VLAHOVIĆ, 1999). Regionalna emerzija u području susjedne zapadne Istre je potrajala sve do mlađega alba, dok je vjerojatno na području današnje Ćićarije karbonatna sedimentacija nastavljena već negdje tijekom starijega alba. To je pretpostavka na temelju utvrđenoga slijeda naslaga albske starosti litostratigrafske jedinice Crna na Ćićariji, iako nema fosilnih dokaza koji bi to nedvojbeno potvrdili. Naime, u donjem dijelu te jedinice vrlo su česti emerzijski horizonti koji ukazuju na vjerojatno oscilirajuću albsku transgresiju mora na tadašnje kopno. Istodobno je i dalje djelovala blaga kompresijska tektonika s regionalnim paleonaprezanjem po pravcu približno SZ–JI (MATIČEC et al., 1996). Upravo je međudjelovanje sinsedimentacijske tektonike i oscilirajuće transgresije na području današnje Ćićarije omogućavalo takve taložne okoliše s razmjerno čestim izranjanjima djelomice potopljenoga reljefa te uspostavom

razmjerno kratkotrajnih emerzija. S obzirom da nakon toga početnog slijeda albskih naslaga s emerzijama u krovini kontinuirano slijede karbonatne naslage dokazano gornjoalbske starosti, može se zaključiti da početak slijeda naslaga litostratigrafske jedinice Crna na Ćićariji barem jednim svojim dijelom taložen i u starijem albu. Ovakav razvoj naslaga je sličan razvoju na otoku Cresu, što je već detaljnije opisano u poglavlju o litostratigrafskim jedinicama, a to ukazuje na činjenicu da je na području današnje Ćićarije stratigrafski hijatus uzrokovan gornjoaptsko–donjoalbskom emerzijom bio znatno kraćega trajanja od onoga u zapadnoj Istri gdje uopće nije bilo taloženja donjoalbskih naslaga. Iz navedenog se može potvrditi pretpostavka da su različiti hijatusi u taloženju naslaga, odnosno različito trajanje regionalne gornjoaptsko–donjoalbske emerzije bili posljedica djelovanja sinsedimentacijske tektonike koja je u području Istre uzrokovala kompleksne paleogeografske odnose, a samim time i bočno različite stratigrafske hijatuse (VELIĆ et al., 1989).

Istodobno s taloženjem različitih donjokrednih litostratigrafskih jedinica raspona starosti od otriva do alba u okolnim područjima, područje jezgre današnje zapadnoistarske antiklinale je dobrim dijelom predstavljalo kopno, odnosno prostrani otok na kojem se odvijala erozija i peneplenizacija reljefa (MATIČEĆ et al., 1996). Na to upućuju erozijski ostaci paleogenskih foraminiferskih vapnenaca na različitim razinama starije krede današnje zapadne Istre. Prema tome, može se zaključiti da je kroz gotovo cijelo razdoblje krede jezgra zapadnoistarske antiklinale predstavljala kopno, tj. otok okružen prostranim plimnim ravnica gdje se manje-više kontinuirano odvijala sedimentacija. To je još jedan evidentan primjer stalne dinamike platforme zbog djelovanja tektonike, jer je upravo formiranje takvih velikih prostranih struktura kao što je zapadnoistarska antiklinala bilo posljedica relativno slabog, ali kontinuiranog paleonaprezanja orijentacije SZ–JI koje je djelovalo kroz cijelu stariju kredu (djelomično prema MATIČEĆ et al., 1996).

U gornjem dijelu albskih naslaga na području današnje središnje Istre i Ćićarije utvrđeni su natplimni ranodijagenetski dolomiti, koji su naknadnim dijagenetskim i tektonskim procesima pretvoreni u kasnodijagenetske dolomite i tektogeno-dijagenetske breče (VLAHOVIĆ et al., 2002). Takve naslage su na Ćićariji opisane kao gornjoalbsko–donjocenomanske postsedimentne dolomitizacijske „breče“ (vapnenačko-dolomitne breče), odnosno litostratigrafska jedinica Sis. One prekrivaju dosta veliku površinu terena sjeverozapadnoga i sjeveroistočnoga dijela istraživanoga područja Ćićarije, a radi se o naslagama koje se odlikuju izrazitom podložnošću dolomitizaciji i tektonskom drobljenju. Inače je prijelaz iz alba u cenoman, odnosno prijelaz iz starije u mlađu kredu na širem području Istre lateralno vrlo raznolik. Osim spomenutih kasnodijagenetskih dolomita i tektogeno-

dijagenetskih breča prijelaz može biti u vapnenačkom razvoju s naglom pojavom rudistnih floutstona, ili pak u dosta debelim naslagama madstona u kojima se nađu tek rijetki ostrakodi i još rjeđi proslojci sitnozrnastoga peloidnog pekstona (MATIČEC et al., 2013). To je još jedan pokazatelj kako je kredna kompresijska tektonika, uz druge faktore, bitno utjecala na stvaranje različitih okoliša taloženja.

Početak mlađe krede situacija se značajno mijenja, o čemu svjedoče značajne lateralne razlike u facijesima cenomanskih naslaga. Takva nova dinamika je zahvatila ne samo Istru već i cijelu Jadransku karbonatnu platformu. U stvari, to je početak dezintegracije platforme i u sljedećim razdobljima je uloga tektonike postajala sve značajnija. Početkom ili tijekom cenomana došlo je do izrazitije tektonske dinamike u području Jadranske karbonatne platforme što je posljedica vrlo kompleksnih događaja vezanih za koliziju Jadranske mikroploče s Euroazijskom pločom (LAWRENCE et al., 1995; PAMIĆ et al., 1998, ŠRODOŃ et al., 2018). Proces postupne dezintegracije Jadranske karbonatne platforme svoj je vrhunac doživio tijekom mlađega paleogena kad se konačno izdižu Dinaridi i Alpe (prema VLAHOVIĆ, 1999; SCHMID et al., 2017, 2020). Već je ranije spomenuto da su i manji tektonski pokreti mijenjali morfologiju morskoga dna i na taj način direktno utjecali na plitkomorske okoliše, odnosno na stvaranje različitih uvjeta taloženja (MATIČEC et al., 1996, 2014). Naime, početkom mlađe krede, u cenomanu, taloženje naslaga je nastavljeno, kao i u većem dijelu starije krede, u pretežito izrazito plitkomorskim okolišima karbonatne platforme, a u takvim su uvjetima čak i najmanji tektonski pokreti (osobito oni vertikalnoga karaktera) mogli uzrokovati promjene morfologije morskog dna.

Sinsedimentacijska tektonika i eustatske promjene tijekom mlađe krede, kao i trošenje izdignutih dijelova kontinuirano su mijenjali reljef morskoga dna i obale, položaj obalne crte i taložne okoliše na širem području današnje Istre (MATIČEC et al., 1996). A upravo je dubina taloženja kao posljedica odnosa eustatike i stalne tektonske aktivnosti bila najbitniji čimbenik različitosti uvjeta taložnih prostora, odnosno diferencijacije facijesa tijekom cenomana.

Glavno paleonaprezanje koje je u području današnje Zapadne Istre i dalje imalo najveću os  $\sigma_1$  pružanja SZ–JI dodatno se intenziviralo u srednjem–mlađem cenomanu (prema MATIČEC et al., 1996, 2014). Utjecaj kompresije na prostranim, relativno zaravnjenim područjima karbonatne platforme rezultiralo je nastankom prostranih plikativnih struktura u obliku undulacija, pri čemu je u sinformama došlo do stvaranja bazena, tj. okoliša nešto veće dubine taloženja. Istodobno, u antiformalnim strukturama je došlo do izranjanja taloga i okopnjavanja već tijekom cenomana, pa su tako neka područja današnje Istre izdignuta u dugotrajnu emerziju (djelomično prema MATIČEC et al., 1996, 2014). Uz to, došlo je i do



blagoga nagibanja pojedinih dijelova platforme, pa se može zaključiti da je tijekom starijega i srednjega cenomana na području današnje sjeverne Istre formirana prema istoku blago nagnuta karbonatna rampa čiji su najplići dijelovi bili na rubnom području današnje jezgre zapadnoistarske antiklinale (djelomično prema BRČIĆ, 2015). Zbog svega navedenoga, tijekom cenomana, a i kasnije, u području današnje Istre, Ćićarije, ali i cijele Jadranske karbonatne platforme zabilježene su značajne promjene litofacijesa i litotipova stijena kako vertikalno tako i lateralno.

Negdje krajem cenomana i početkom turona u globalnim razmjerima zabilježen je jedan od najznačajnijih eustatskih porasta morske razine, s iznosima apsolutnoga porasta morske razine procijenjenim na preko 100 m (HAQ et al., 1987; HARDENBOL et al., 1998). To se odrazilo i na najvećem dijelu Jadranske karbonatne platforme (JELASKA & GUŠIĆ, 1990, 1993; VLAHOVIĆ et al., 2005). Međutim, u nekim područjima SZ Dinarida, pa tako i u području današnje Istre neki su dijelovi karbonatne platforme bili potopljani, dok su neki dijelovi izronili u dugotrajnu emerziju koja će potrajati sve do paleogenske transgresije, kao npr. područje Savudrijske antiklinale zapadno od Ćićarije, gdje su najmlađe kredne stijene na površini naslage litostratigrafske jedinice Milna gornjocenomanske starosti na kojima transgresivno slijede donjoeocenski foraminiferski vapnenci (VELIĆ & VLAHOVIĆ, 1994; MATIČEC et al., 1996, 2017). To je evidentno još jedan pokazatelj prilično intenzivne kredne tektonike sa značajnijim izdizanjima pojedinih dijelova platforme koja su bila i veća od istodobnoga vrlo značajnog eustatskog porasta morske razine u, geološki gledano, razmjerno kratkom vremenskom razdoblju.

Područje današnje Ćićarije je u najmlađem cenomanu potopljeno, što je dokumentirano i s nekoliko geoloških stupova i profila (BRČIĆ, 2015; ovaj rad). Međutim, iako je sustav potopljene platforme na ovom području uspostavljen razmjerno brzo, kontinuirana prisutnost bioklastičnoga materijala u cijelom slijedu dubljemorskih naslaga litostratigrafske jedinice Sv. Duh svakako ukazuje na blizinu plitkovodnoga izvorišta materijala (BRČIĆ, 2015; ovaj rad). Takvo izvorište plitkovodnoga materijala, koji se gotovo kontinuirano miješa s kalcisferama i planktonskim foraminiferama kao pelagičkim organizmima, nalazilo se na rubovima tektonski formiranih depresija. Pretaloženi plitkovodni materijal unutar slijeda dubljemorskih, pelagičkih vapnenaca jedinice Sv. Duh još je jedan pokazatelj lokalnih sinsedimentacijskih pokreta koji su pridonijeli da, bez obzira na globalni porast eustatike, lateralno od dubljih bazena i dalje postoje izdignuta područja s plitkovodnom sedimentacijom, kao prijelaz prema područjima koja su u to vrijeme potpuno okopnjela.

Gledano u širem području Istre, Ćićarije, Učke i najbližega kvarnerskog otoka Cresa pojava kalciferskih vapnenaca je očito regionalnog značaja. Tektonska aktivnost tijekom cenomana rezultirala je izdiferenciranim paleookolišima, odnosno lateralno različitim litostratigrafskim razvojima. Najviši dijelovi tada nastalih tektonskih struktura su emergirani i to je kopneno područje egzistiralo kroz preostali dio mlađe krede (MATIČEC et al., 1996). U novonastalim depresijama sedimentacija je nastavljena, a eustatski porast morske razine je imao učinak dodatnoga produbljavanja taložnog prostora, tako da se taloženje odvijalo u dubljem moru. Produbljavanje taložnoga prostora zabilježeno je postupnim smanjenjem udjela prigrebenskoga rudistnog materijala i povećanjem udjela sitnozrnastoga karbonatnog mulja s kalciferama i planktonskim foraminiferama. Takva dubljemorska/pelagička sedimentacija trajala je različito dugo, a završila je ponovnim taloženjem prigrebenskoga materijala, odnosno postupnom progradacijom kojom su ispunjena dublja, bazenska područja.

Tako je tijekom eustatskoga pada morske razine došlo do postupnoga zapunjavanja dubljih bazena plitkovodnim materijalom s okolnih područja, tako da je već tijekom starijega ili početkom srednjega turona na području Ćićarije došlo do ponovnog oplićavanja i nastavka režima plitkomorske sedimentacije. Na istraživanom području današnje središnje Ćićarije takvi su se taložni uvjeti održali sve do emerzije koja je započela tijekom konijaka (BRČIĆ, 2015) i trajala sve do paleogena.

U području današnje južne Istre nastavljeno je taloženje obilježeno produbljavanjem i povremenim utjecajem otvorenog moraa te ponovnim oplićavanjem sve do mlađega santona (VLAHOVIĆ et al., 2003). U nekim drugim područjima nekadašnje Jadranske karbonatne platforme nastavljeno je taloženje s pelagičkim utjecajem sve do mlađega santona, tako da je istaložena razmjerno velika debljina takvih dubljevodnih vapnenaca, npr. na Dugom Otoku oko 900 m naslaga litostratigrafske jedinice Veli Rat (FUČEK et al., 2015), a na otoku Premudi više od 600 m sličnih naslaga (FUČEK et al., 2018). Međutim, na većem dijelu nekadašnje Jadranske karbonatne platforme negdje od kraja starijega ili od srednjega turona ponovno su uspostavljeni plitkomorski uvjeti taloženja. Taloženje u pretežito plitkomorskim okolišima je na pojedinim dijelovima nekadašnje Jadranske karbonatne platforme trajalo sve do mlađega santona (OŠTRIĆ et al., 2015; FUČEK et al., 2016) i kampana (BRČIĆ et al., 2019), a ponegdje i do mastrihta (GUŠIĆ & JELASKA, 1990; KORBAR, 2009).

Tektonski pokreti su u paleogenu imali najveće regionalno paleonaprezanje po pravcu SI–JZ (npr. BLAŠKOVIĆ, 1998; MATIČEC, 1998; PLACER et al., 2010), a krajem paleocena su intenzivirani. Oni su zatekli određeni paleogeografski predcrtež, koji je morao imati utjecaj

na kinematiku postanka Ćićarije, kao SZ dijela Dinarida u nastajanju. Taj paleogeografski predcrtež je bio posljedica djelovanja najvećega regionalnog paleonaprezanja po pravcu SZ–JI koji je, kako je već spomenuto, trajao kroz gotovo cijelu kredu u području današnje Zapadne Istre (dijelom prema MATIČEC et al., 1996, 2014; MATIČEC, 1998). Ta struktura je dalje prema S i SI postupno prelazila u veliku sinklinalnu strukturu, budući Pazinski bazen koji je, sudeći prema obradi brojnih bušotina koje je analizirao ŠIKIĆ (1965), imao sličnu orijentaciju kao i Zapadnoistarska antiklinala. Sinklinalna struktura Pazinskoga bazena prema istoku prelazi u prostranu antiklinalu pružanja S–J u podini navlake Učke. Takve velike strukture su nastale kao rezultat relativno slaboga, ali kontuirano prisutnoga kompresijskog paleonaprezanja tijekom krede, a sekundarne strukture su nastale kasnije, početkom mlađe krede (u cenomanu) kad je došlo do intenziviranja kredne tektonike s orijentacijom najvećega regionalnog paleonaprezanja SZ–JI (dijelom prema MATIČEC et al., 1996, 2014; MATIČEC, 1998).

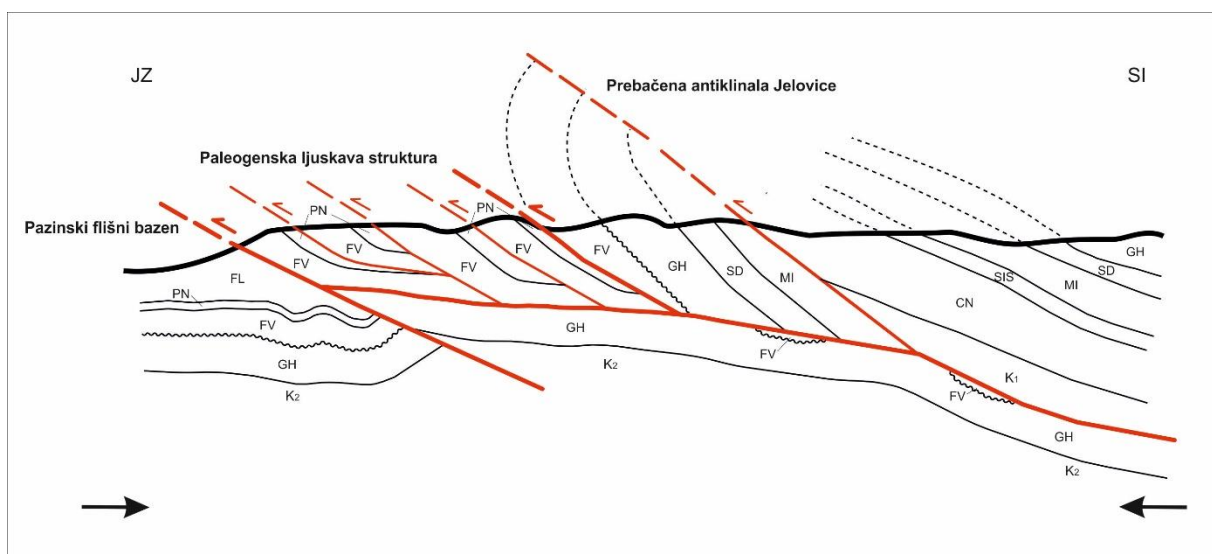
Tijekom paleogena je došlo do izrazitije kompresije prostora nekadašnje platforme. To ujedno označava i početak stvaranja dinaridskih struktura, odnosno struktura dinaridskoga pružanja (SZ–JI). Promjena smjera glavnoga paleonaprezanja na Jadranskoj karbonatnoj platformi je popraćena i početkom orogenetskih tektonskih pokreta (MATIČEC et al., 2013). Usporedno s time došlo je i do porasta morske razine, kao globalnoga događaja i postupnoga preplavlivanja paleogenskim morem, odnosno poznate paleogenske transgresije te početka taloženja foraminiferskih vapnenaca uglavnom tijekom starijega eocena. Tektonski pokreti nove orijentacije su razmjerno brzo još više izdignuli neke dijelove mezozojske karbonatne platforme dok je u drugima došlo do formiranja asimetričnih depresija pružanja sjeverozapad–jugoistok i produbljavanja budućih bazena. Najstarije naslage na površini Zapadnoistarske antiklinale na kojima je zabilježen erozijski ostatak paleogenskih foraminiferskih vapnenaca su starosti gornji berijas–donji valendis (MATIČEC et al., 1996). To ukazuje na postojanje kopna na nekim dijelovima današnje zapadne Istre već od valendisa, što je najduži zabilježeni stratigrafski hijatus između krede i paleogena u Istri koji potvrđuje da su neki dijelovi zapadnoistarske antiklinale predstavljali kopno kroz veliki dio starije i cijelu mlađu kredu.

Postupnim produbljavanjem taložnih bazena tijekom paleogena u njihovim središnjim dijelovima su formirani dubokovodni okoliši obilježeni taloženjem fliša. Istodobno su u rubnim područjima kontinuirano postojale karbonatne rampe kao izvorište najvećega dijela materijala koji je mutnim strujama pretaloživan u dublje dijelove bazena.

Velikim priljevom klastičnoga materijala, ali i postupnim izdizanjem cijeloga područja zahvaćenog orogenetskim pokretima flišni bazeni su postupno zapunjavani i tako relativno

oplićavali. Na flišu su ponovno taloženi lapori koji ukazuju na postupno oplićavanje i prestanak taloženja vjerojatno u mlađem eocenu ili starijem oligocenu (prema MATIČEC et al., 2013). U to se vrijeme događalo konačno izdizanje Dinarida (dijelom prema MATIČEC et al., 1996, 2013; MATIČEC, 1998). Tijekom formiranja Dinarida kompresijska tektonika je u Istri započela izdizati područje Ćićarije i gurati ga prema jugozapadu na Pazinski flišni bazen koji je također uslijed tektonike deformiran.

Daljnjom deformacijom došlo je do značajnoga rasjedanja, a kao posljedica takve kompresijske tektonike i sažimanja prostora došlo je i do navlačenja, odnosno podvlačenja dijelova nekadašnje platforme. Kao posljedica toga, na Ćićariji su stvorene navlake izgrađene od krednih i paleogenskih naslaga u sjeveroistočnom dijelu, dok je u jugozapadnom dijelu nastala tzv. paleogenska ljuskava struktura u kojoj se opetovano ponavlja slijed naslaga, mjestimice cijeloga slijeda od miliolidnih vapnenaca do lapora prijelaznih naslaga ili prvih slojeva flišnih naslaga, dok je pretežito do ponavljanja dolazilo unutar slijeda foraminiferskih vapnenaca (sl. 6.1).



**Slika 6.1.** Shematski prikaz navlačenja krednih naslaga prema jugozapadu i nastanka paleogene ljuskave strukture JZ dijela Ćićarije (primjer SZ dijela istraživanoga područja; nije u mjerilu). K<sub>1</sub> – naslage donje krede (općenito); K<sub>2</sub> – naslage gornje krede (općenito); CN – litostratigrafska jedinica Crna; SIS – litostratigrafska jedinica Sis; MI – litostratigrafska jedinica Milna; SD – litostratigrafska jedinica Sv. Duh; GH – litostratigrafska jedinica Gornji Humac; FV – foraminiferski vapnenci; PN – prijelazne naslage; FL – fliš. Strelice u dnu crteža označavaju kompresijsko djelovanje paleonaprezanja po pravcu SI–JZ.

Izdizanjem je područje današnje Ćićarije došlo u kopnene uvjete s oblikovanjem reljefa kao posljedicom intenzivne erozije zbog tektonikom uzrokovanog mehaničkog trošenja te istodobnog značajnog otapanja karbonatnih stijena pod djelovanjem atmosferilija. Koliko je

erozija u istraživanom području bila intenzivna pokazuju današnji ostaci nekad puno većih struktura, npr. antiklinala i navlaka s krednim naslagama (vidi PRILOG 2, geološki profili s crtkano označenim danas erodiranim strukturama). Isto tako, intenzivnoj eroziji su bili izloženi i izdignuti čeonni dijelovi paleogenskih ljsaka JZ dijela Ćićarije. Paleogenske ljske su tijekom tektonskoga transporta u smjeru JZ na površinu terena istiskivale nekompetentne prijelazne naslage ili naslage fliša koje su se nalazile u podinskom dijelu ljsaka, ali su te naslage bile razmjerno lako erodirane i ispirane.

Intenzivna erozija reljefa se događa i danas, o čemu svjedoče razmjerno brojne pojave sipara ili slabo vezanog siparišnog materijala kao posljedica denudacijskih procesa lomljenja i gravitacijskoga urušavanja karbonatnih stijena sa strmijih i viših dijelova koje danas nalazimo uglavnom uz strme karbonatne litice. Posljedica otapanja karbonatnih stijena, tj. rezultat intenzivnoga kemijskog trošenja karbonatnih stijena pod utjecajem oborinske vode daje i dio materijala za stvaranje zemlje crvenice. Danas ju nalazimo pretežito u dnu vrtača i krškim poljima, jer je s morfološki viših dijelova terena površinskim tokovima ili vjetrom snažana i deponirana u udubine u krškom reljefu. Zemlja crvenica je poligenetska tvorevina stvarana kroz duže vremensko razdoblje u uvjetima tople i dosta vlažne klime (DURN et al., 1999, 2007; DURN, 2003). Iako se zemlja crvenica generalno smatra kvartarnom tvorevinom njezin je postanak u istraživanom području vjerojatno započeo odmah nakon konačnog izdizanja, vjerojatno krajem eocena ili početkom oligocena.

### **6.3. STRUKTURNI ODNOSI U ISTRAŽIVANOM PODRUČJU ĆIĆARIJE**

Strukturni odnosi u istraživanom području Ćićarije određeni su na temelju nove geološke karte toga područja M 1:50.000 (PRILOG 1), čija je izrada osim samoga geološkog kartiranja obuhvaćala i detaljna strukturna istraživanja. Strukturna istraživanja s mjerenjem svih vidljivih strukturnih elemenata (orijentacija slojevitosti, pukotina i setova pukotina, elemenata bora i rasjeda) su provođena u svim terenskim fazama istraživanja. Još tijekom prve faze rekognosciranja terena obrađeni su neki lokaliteti koji su prethodno uočeni kao perspektivni temeljem proučavanja rezultata prethodnih istraživanja, ponajviše OGK SFRJ M 1:100.000 lista Ilirska Bistrica. Strukturni elementi su mjereni i prikupljeni i tijekom samoga geološkog kartiranja te naknadno detaljnijom strukturnom obradom odabranih lokaliteta s najbolje vidljivim strukturnim odnosima utvrđenim tijekom kartiranja i drugih terenskih radova. Posebna pažnja kod strukturne obrade i kasnije strukturne analize i interpretacije pridavana je

izmjerenim rasjednim ploham koje su na sebi sadržavale ostatke tragova kretanja. Izmjereni kutovi zakosa strija, tj. a-lineacije (iz kojih je računalnim putem dobivena i orijentacija strija – ls), uz podatke o orijentacijama samih rasjednih ploha omogućili su izračun glavnih osi paleonapreznja ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  i  $\sigma_3$ ) metodom pravih diedara te kinematsku analizu polja napreznja pomoću metode P–T kinematskih osi (TURNER, 1953; MARRETT & ALLMENDINGER, 1990). Kinematska analiza rasjeda zajedno sa strukturnim odnosima kartiranih i izdvojenih litostratigrafskih jedinica pružili su informacije o promjenama polja napreznja kao i podatak o potencijalnoj neotektonskoj aktivnosti pojedinih rasjednih ploha s obzirom na njihovu orijentaciju u odnosu na recentno polje napreznja.

Zbog praktičnije, ali ujedno i detaljnije strukturne analize i interpretacije istraživano područje Ćićarije podijeljeno je na ukupno šest manjih strukturno-tektonskih jedinica, koje se razlikuju po geološkoj građi i strukturnim karakteristikama. Te jedinice su označene oznakama I, II, IIIa, IIIb, IIIc i IV, a međusobno su odvojene reverznim i navlačnim rasjedima regionalnoga značaja imenovanim prema važnijim toponimima (sl. 5.41, PRILOG 1).

U raspravi o strukturnim rezultatima i odnosima u istraživanom području prvo će biti analizirani reverzni, a nakon njih i normalni te rasjedi s horizontalnim pomakom za svaku pojedinu strukturno-tektonsku jedinicu. Za svaku od izdvojenih grupa rasjeda prikazat će se i kinematsko polje napreznja u kojem su nastali i/ili bili aktivni te koje su vrijednosti orijentacija najvećih osi paleonapreznja  $\sigma_1$  za svaku od grupa. Na kraju će se dobiveni rezultati usporediti s rezultatima prethodnih istraživanja strukturnih odnosa te sagledati u kontekstu regionalne tektonike vezane za nastanak današnjega sjeverozapadnog dijela Dinarida.

Reverzni rasjedi **strukturno-tektonske jedinice I** su pružanja SZ–JI s dominantnim smjerom nagiba prema SI i tektonskim transportom prema JZ (dijagram na sl. 5.53). Nekoliko mjerenih podataka rasjednih ploha ima smjer nagiba prema JZ–J i mogući smjer tektonskoga transporta prema SI–S, ali ti su podaci najvjerojatnije samo lokalnoga karaktera, a vezani su uglavnom za rasjede unutar vrlo boranih i rasjednutih flišnih naslaga. Međutim, većina reverznih rasjeda, uključujući i sve važnije reverzne rasjede ove strukturno-tektonske jedinice imaju dominantan smjer nagiba prema SI i tektonski transport u smjeru JZ, što je vidljivo i na geološkoj karti i profilima (PRILOZI 1 i 2). Srednja vrijednost kuta nagiba svih mjerenih reverznih rasjeda ove grupe (RR-1) je  $42^\circ$ . Kinematska analiza polja napreznja ukazuje da su ovi rasjedi nastali ili da su bili aktivni u kompresijskom polju napreznja s pravcem pružanja **P-osi SI–JZ** (tabl. 1 za detalje), a najveća os paleonapreznja ima vrijednost orijentacije  $\sigma_1 = 222/4$ .

Reverzni rasjedi **strukturno-tektonske jedinice II** također imaju pružanje pretežito SZ–JI (uz lokalna blaga odstupanja u pružanje I(-JI)–Z(-JZ)) i smjer nagiba prema SI, odnosno tektonski transport prema JZ (dijagram na sl. 5.75). Takva orijentacija reverznih rasjeda jasno je vidljiva i na geološkoj karti i profilima (PRILOZI 1 i 2). Mala odstupanja od dinaridskoga pružanja (SZ–JI) vezana su uz blaga zakretanja u pružanju ljustaka izgrađenih od paleogenskih naslaga, odnosno prividna blaga povijanja reverznih rasjeda ljuskave strukture zbog njihove subhorizontalne orijentacije. Osim razmjerno blagih kutova nagiba rasjednih ploha (oko 30° i manje), između pojedinih paleogenskih ljustaka (a i unutar nekih od njih) ima i strmijih rasjeda (nagiba 50–70°) jer je **strukturno-tektonska jedinica II** izgrađena po principu *ramp and flat* geometrije pa su neki površinski kontakti između paleogenskih ljustaka reverzne zaravni (*flat*) s blagim kutom nagiba, a neki rampe (*ramp*) s razmjerno strmim kutovima nagiba rasjedne plohe. Srednja vrijednost svih mjerenih kutova nagiba ove grupe reverznih rasjeda (RR-2) je oko 49°. Kinematska analiza polja naprezanja dala je vrlo slične rezultate kao i kod reverznih rasjeda **strukturno-tektonske jedinice I**, odnosno da su i ovi rasjedi nastali ili da su bili aktivni u kompresijskom polju naprezanja pružanja **P-osi SI–JZ** (tabl. 2 za detalje), dok najveća os paleonaprezanja ima vrijednost orijentacije  $\sigma_1 = 210/0$ .

Unutar **strukturno-tektonske jedinice IIIa** ukupno je terenski evidentirano 13 reverznih rasjeda (grupa RR-3a) čije su mjerene rasjedne plohe dinaridskoga pružanja (SZ–JI), smjera nagiba prema SI, odnosno obilježene tektonskim transportom u smjeru JZ (dijagram na sl. 5.86). Srednja vrijednost smjerova nagiba rasjednih ploha je 54°, a kutova nagiba 49°. I za ovu grupu reverznih rasjeda kinematskom analizom polja naprezanja dobiveni su slični rezultati kao i za prethodno opisane iz **strukturno-tektonskih jedinica I i II**, odnosno da su ovi rasjedi nastali ili bili aktivni u kompresijskom polju naprezanja pružanja **P-osi SI–JZ** (tabl. 3a za detalje), dok najveća os paleonaprezanja ima vrijednost orijentacije  $\sigma_1 = 53/4$ .

Reverzni rasjedi **strukturno-tektonske jedinice IIIb** (grupa RR-3b) također su gotovo svi pružanja SZ–JI, izuzev jedne rasjedne plohe pružanja I–Z koja je smjera nagiba prema S i vrlo strmoga, subvertikalnog kuta nagiba. Svi ostali reverzni rasjedi su smjera nagiba prema SI i tektonskoga transporta prema JZ (dijagram na sl. 5.94). I kod ove grupe reverznih rasjeda iz **strukturno-tektonske jedinice IIIb** kinematska analiza polja naprezanja pokazala je da su ovi rasjedi nastali ili bili aktivni u kompresijskom polju naprezanja pružanja **P-osi SI–JZ** (tabl. 3b za detalje), dok najveća os paleonaprezanja ima vrijednost orijentacije  $\sigma_1 = 225/2$ .

I u **strukturno-tektonskoj jedinici IIIc** dominiraju reverzni rasjedi dinaridskoga pravca pružanja (SZ–JI), međutim osim rasjednih ploha sa smjerom nagiba prema SI i tektonskim

transportom prema JZ, ima i onih smjera nagiba prema JZ (dijagram na sl. 5.107). Mjerenja orijentacija rasjednih ploha sa smjerom nagiba prema JZ se odnose prvenstveno na **navlačni rasjed Vrh od Šterne–Osapna** koji je duž svojega pružanja promjenjivog smjera nagiba. Na SI dijelu ploha toga rasjeda ima smjer nagiba prema JZ s blagim kutom nagiba (sl. 5.41, PRILOG 1), međutim tektonski transport struktura iz krovinskog bloka je i u tom dijelu, kao i duž cijeloga **navlačnog rasjeda Vrh od Šterne–Osapna** prema JZ (vidi PRILOG 2 – geološke profile H–H', I–I' i J–J'). Srednja vrijednost kutova nagiba svih mjerenih reverznih rasjeda u **strukturno-tektonskoj jedinici IIIc** je oko 39°. Kinematska analiza polja naprezanja ukazala je da su i ovi rasjedi nastali ili bili aktivni u kompresijskom polju naprezanja pružanja **P-osi SI–JZ** (tabl. 3c za detalje), a najveća os paleonaprezanja ima vrijednost orijentacije  $\sigma_1 = 35/0$ .

Unutar **strukturno-tektonske jedinice IV** ukupno je terenski utvrđeno 13 reverznih rasjeda (grupa RR-4), a mjerene rasjedne plohe imaju dva dominantna pružanja. Prvo je dinaridsko pružanje SZ–JI s rasjednim plohami koje su nagnute prema SI, odnosno ukazuju na tektonski transport u smjeru JZ. Drugo dominantno pružanje je I(-SI)–Z(-JZ), ali među tim rasjedima ima onih s rasjednim plohami smjera nagiba prema S(-SZ) i tektonskoga transporta prema J(-JI) kao i onih sa smjerom nagiba prema J(-JI), odnosno tektonskim transportom prema S(-SZ) (dijagram na sl. 5.112). Reverzni rasjedi sa smjerom nagiba prema S(-SZ) imaju strmi kut nagiba ( $>60^\circ$ ), dok oni sa smjerom nagiba prema J(-JI) te SI imaju znatno blaži kut nagiba (uglavnom između 30 i 45°). Srednja vrijednost kutova nagiba svih reverznih rasjeda **strukturno-tektonske jedinice IV** (grupa RR-4) je oko 49°. S obzirom na različite orijentacije rasjednih ploha, odnosno dominaciju dva različita pružanja (pri čemu su zbog razmjerno maloga broja mjerenih podataka svi reverzni rasjedi svrstani u jednu grupu) kinematskom analizom polja naprezanja dobiveni su malo drugačiji rezultati nego kod reverznih rasjeda prethodno opisanih strukturno-tektonskih jedinica. Reverzni rasjedi grupe RR-4 su nastali ili su bili aktivni u kompresijskom polju naprezanja pružanja **P-osi približno S–J** (tabl. 4 za detalje), dok najveća os paleonaprezanja ima vrijednost orijentacije  $\sigma_1 = 4/15$ .

Osim reverznih rasjeda na istraživanom području Ćićarije su terenski utvrđeni i normalni rasjedi. Međutim, rasjedi s normalnim pomakom su evidentirani samo u **strukturno-tektonskim jedinicama I i II**. Razlozi zašto rasjedi s normalnim kretanjem nisu zabilježeni u drugim strukturno-tektonskim jedinicama su već navedeni prilikom opisa tih jedinica. Jedan od razloga je taj da u **strukturno-tektonskim jedinicama IIIa–c i IV** nije evidentiran ni jedan rasjedni kontakt između litostratigrafskih jedinica koji bi ukazivao na normalan pomak među njima. Drugi razlog je što na nijednoj smično/kliznoj plohi diskontinuiteta unutar naslaga iste



jedinice nisu ostali sačuvani ostaci pokazatelja kretanja s normalnim karakterom pomaka što ne znači da ih primarno nije bilo, ali su oni s vremenom vjerojatno korodirani. Stoga su diskontinuiteti na čijim plohama nije bilo moguće odrediti kretanje pojedinih blokova, bez obzira na njihov ponegdje i evidentan smično/klizni karakter (npr. razmjerno zaglađene plohe), tretirani i opisivani kao pukotine.

U području **strukturno-tektonske jedinice I** ukupno je evidentirano osam rasjeda s normalnim karakterom kretanja (grupa NR-1). Smjerovi nagiba tih rasjeda su prema Z–JZ (dijagram na sl. 5.56), a srednja vrijednost kutova nagiba je  $52^\circ$ . Kinematska analiza polja naprezanja pokazala je da su ovi rasjedi najvjerojatnije nastali u polju naprezanja s P-osi orijentacije 286/59 (tabl. 1 za detalje), dok najveća os paleonaprezanja  $\sigma_1$  ima vrijednost orijentacije 320/70. Stoga je pretpostavljena ekstenzija struktura po pravcu SI–JZ do SSI–JJZ.

U **strukturno-tektonskoj jedinici II** ukupno su prikupljena samo četiri izmjerena podatka rasjeda s normalnim pomakom (grupa NR-2). Smjerovi nagiba njihovih ploha su generalno prema Z(-JZ) (dijagram na sl. 5.78), a srednja vrijednost orijentacije tih rasjeda je 250/79 (tabl. 2 za detalje). Kinematskom analizom polja naprezanja dobivena je vrijednost orijentacije P-osi 20/56 (tabl. 2 za detalje), što znači da su normalni rasjedi grupe NR-2 nastali u polju naprezanja s pravcem pružanja P-osi SI–JZ, a slične vrijednosti ima i najveća os paleonaprezanja  $\sigma_1$  čija je orijentacija 36/43. Stoga je pretpostavljena ekstenzija struktura po pravcu SZ–JI.

Uz reverzne i normalne rasjede, u istraživanom području su kartirani, mjereni i analizirani i rasjedi s horizontalnim pomakom. Općenita karakteristika pretežito svih mjenjenih rasjeda s horizontalnim pomakom je strma geometrija njihovih ploha, odnosno vrlo strmi do subvertikalni kut nagiba ploha, a vrlo često obilježje im je i strukturalna reaktivacija. Ona podrazumijeva činjenicu da su neki od tih diskontinuiteta nastali u polju naprezanja tijekom prethodnoga tektonskog događaja i primarno vjerojatno nisu predstavljali rasjede s horizontalnim pomakom, već su naknadno reaktivirani tijekom mlađega tektonskog događaja i pod djelovanjem drugačijega polja naprezanja poprimili horizontalnu komponentu pomaka duž rasjednih krila. Osim toga neke od rasjednih ploha na sebi nose tragove više generacija strija, što također ukazuje na vjerojatnu strukturalnu reaktivaciju, odnosno polifaznu tektoniku. Rasjedi s horizontalnim pomakom su unutar svake strukturalno-tektonske jedinice, tamo gdje je za to bilo potrebe, podijeljeni u kompatibilne grupe, tj. podgrupe s obzirom na orijentacije rasjednih ploha i smjer pomaka rasjednih krila (desno i lijevo kretanje).

U **strukturno-tektonskoj jedinici I** ukupno je izmjereno osam rasjeda s horizontalnim pomakom, od toga četiri s desnim (podgrupa HR-1a) i četiri s lijevim karakterom kretanja (podgrupa HR-1b). Karakteristika diskontinuiteta podgrupe HR-1a osim desnoga kretanja je i subparalelna orijentacija rasjednih ploha sa smjerom nagiba generalno prema J (dijagram na sl. 5.59) te vrlo strmim prosječnim kutom nagiba od  $70^\circ$  (tabl. 1 za detalje). Kinematska analiza polja naprezanja pokazala je da su ovi rasjedi najvjerojatnije bili aktivni u polju naprezanja s **P-osi pružanja SZ–JI**, tj. orijentacije 307/23 (tabl. 1 za detalje), dok najveća os paleonaprezanja  $\sigma_1$  ima vrijednost orijentacije 323/21. Rasjedi druge podgrupe **strukturno-tektonske jedinice I** (HR-1b) ukazuju na lijevo *strike-slip* kretanje, a sva četiri izmjerena podatka pokazuju subparalelnu orijentaciju sa smjerom nagiba prema J (dijagram na sl. 5.62) te razmjerno strmi kut nagiba od prosječno  $67^\circ$  (tabl. 1 za detalje). Kinematska analiza pokazala je da su rasjedi podgrupe HR-1b najvjerojatnije bili aktivni u polju naprezanja s **P-osi pružanja SI–JZ**, orijentacije 242/2 (tabl. 1 za detalje), dok najveća os paleonaprezanja  $\sigma_1$  ima vrijednost orijentacije 49/4.

U **strukturno-tektonskoj jedinici II** ukupno je izmjereno 10 rasjeda s horizontalnim pomakom (grupa HR-2), od toga šest s desnim i četiri s lijevim karakterom kretanja. Desni rasjedi s horizontalnim pomakom grupe HR-2 imaju pružanje SZ–JI i smjer nagiba prema SI, a rasjedi s lijevim pomakom imaju pružanje SI–JZ i neki od njih imaju smjer nagiba prema SZ, a neki prema JZ (dijagram na sl. 5.81). Opisani rasjedi s horizontalnim pomakom grupe HR-2 predstavljaju međusobno konjugirane parove s plohama koje se sijeku pod ostrim do pravim kutom. Kutovi nagiba svih ploha diskontinuiteta ove grupe su vrlo strmi do subvertikalni, srednje vrijednosti  $76^\circ$ . Kinematska analiza pokazala je da su rasjedi s horizontalnim pomakom grupe HR-2 najvjerojatnije bili aktivni u polju naprezanja s **P-osi pružanja približno S–J**, orijentacije 10/5 (tabl. 2 za detalje), dok je dobivena vrijednost orijentacije najveće osi paleonaprezanja  $\sigma_1 = 13/1$ .

U **strukturno-tektonskim jedinicama IIIa i IIIc** nisu evidentirani rasjedi s horizontalnim pomakom, dok je unutar **strukturno-tektonske jedinice IIIb** terenski izmjereno osam takvih rasjeda. Svi ti diskontinuiteti imaju desni karakter pomaka, a na temelju sukladnosti u mjerenim orijentacijama podijeljeni su u dvije podgrupe (HR-3b-a i HR-3b-b). U podgrupi HR-3b-a se nalaze desni rasjedi pružanja SZ–JI, smjera nagiba prema SI (prosječno  $64^\circ$ ) te subvertikalnoga kuta nagiba rasjednih ploha srednje vrijednosti  $82^\circ$  (dijagram na sl. 5.97, tabl. 3b za detalje). Kinematska analiza pokazala je da su rasjedi ove podgrupe najvjerojatnije bili aktivni u polju naprezanja s **P-osi pružanja približno S–J**, orijentacije 5/6

(tabl. 3b za detalje), dok najveća os paleonaprezanja ima orijentaciju  $\sigma_1 = 19/2$ . U drugoj podgrupi rasjeda s horizontalnim pomakom **strukturno-tektonske jedinice IIIb** (HR-3b-b) se također nalaze diskontinuiteti s desnim karakterom pomaka, ali je njihovo pružanje SI–JZ, smjer nagiba prema SZ (srednje vrijednosti  $309^\circ$ ), a njihove plohe imaju subvertikalne kutove nagiba prosječne vrijednosti  $84^\circ$  (dijagram na sl. 5.100, tabl. 3b za detalje). Kinematska analiza pokazala je da su rasjedi podgrupe HR-3b-b najvjerojatnije bili aktivni u polju naprezanja s **P-osi pružanja približno SI(-I)–JZ(-Z)**, orijentacije 249/5 (tabl. 3b za detalje), dok je vrijednost orijentacije najveće osi paleonaprezanja  $\sigma_1 = 264/2$ .

U **strukturno-tektonskoj jedinici IV** ukupno je izmjereno 22 rasjeda s horizontalnim pomakom. I ovdje su izdvojeni rasjedi na temelju mjerenih orijentacija podijeljeni u dvije podgrupe (HR-4a i HR-4b). U prvoj podgrupi (HR-4a) se nalazi 11 mjerenih orijentacija rasjeda od kojih njih 10 ima desni karakter, a jedan rasjed ima lijevi karakter kretanja. Rasjedi ove podgrupe s desnim kretanjem imaju pružanje pretežito SZ–JI, dok diskontinuitet s lijevom kretanjem ima pružanje SI–JZ, odnosno poprečno na njih (dijagram na sl. 5.115). Ploha lijevoga rasjeda presijeca plohe desnih rasjeda pod ostrim do pravim kutom te predstavlja konjugirani par nekog od tih desnih rasjeda. Kutovi nagiba svih rasjeda podgrupe HR-4a su vrlo strmi do subvertikalni, srednje vrijednosti  $78^\circ$  (tabl. 4 za detalje). Kinematska analiza pokazala je da su rasjedi ove podgrupe najvjerojatnije bili aktivni u polju naprezanja s **P-osi pružanja S–J**, orijentacije 357/3 (tabl. 4 za detalje), dok najveća os paleonaprezanja ima orijentaciju  $\sigma_1 = 9/5$ . U drugoj podgrupi rasjeda s horizontalnim pomakom **strukturno-tektonske jedinice IV** (HR-4b) se također nalazi 11 mjerenja, od toga šest s desnim, a pet s lijevim karakterom pomaka. Ovi rasjedi svojim orijentacijama i pružanjem SZ–JI te SI–JZ (dijagram na sl. 5.118) predstavljaju međusobno konjugirane parove rasjeda, odnosno smičnih pukotina. Kinematska analiza pokazala je da su rasjedi podgrupe HR-4b najvjerojatnije bili aktivni u polju naprezanja s **P-osi pružanja približno I–Z**, orijentacije 262/2 (tabl. 4 za detalje), dok je vrijednost orijentacije najveće osi paleonaprezanja  $\sigma_1 = 264/1$ .

Zaključno, strukturnom analizom triju glavnih skupina rasjeda (reverznih, normalnih i rasjeda s horizontalnim pomakom) unutar svake lokalne strukturno-tektonske jedinice, mogu se izvući zaključci vezani za kinematiku razvoja istraživanoga područja. **Reverzni rasjedi** istraživanoga područja pretežito su pružanja SZ–JI, smjera nagiba prema SI i tektonskoga transporta prema JZ. Takva orijentacija rasjednih ploha, kao i kinematska analiza koja je pokazala da su oni nastali ili bili aktivni u kompresijskom polju naprezanja s orijentacijom P-osi SI–JZ, ukazuju na dominantnu kompresijsku fazu razvoja ovoga dijela Vanjskih Dinarida

koja je prevladavala tijekom paleogenskoga tektonskog ciklusa (npr. MATIČEC et al., 1996; MATIČEC, 1998; PALENIK, 2005), a tijekom koje su izdignuti današnji Dinaridi. Rezultati dobiveni tijekom ovoga istraživanja mogu se korelirati i s objavljenim istraživanjima i zaključcima brojnih drugih autora koji formiranje reverznih rasjeda generalno dinaridskoga pružanja SZ–JI pripisuju tzv. „glavnoj dinaridskoj tektonskoj fazi“ tijekom eocena, kad je prevladavala kompresija po pravcu SI–JZ (djelomično prema npr. BLAŠKOVIĆ, 1998). Prema VAN UNEN et al. (2019) kompresija po istom pravcu je trajala znatno duže, od kasne krede pa sve do oligocena.

**Normalni rasjedi** su utvrđeni samo u jugozapadnom dijelu istraživanoga područja u strukturno-tektonskim jedinicama I i II (vidi sl. 5.41). Prema interpretaciji, veći broj mjerenih ploha normalnih rasjeda svojom geometrijom i orijentacijom (pružanje pretežito S-SZ–JI-J) te smjerom nagiba prema Z–JZ vjerojatno predstavlja posljedicu fleksurnoga smicanja slojeva u boranim strukturama, odnosno posljedično i gravitacijskoga spuštanja u krilima antiklinalnih struktura. Kao primjer mogu se navesti mjereni normalni rasjedi u frontalnim dijelovima paleogenskih ljusaka npr. u zasjeku ceste za Brgad (sl. 5.45 i 5.46) te shematski prikazi antiklinalnih struktura u čeonim dijelovima paleogenskih ljusaka koji su prikazani na sl. 5.73B i C. Nadalje, mjereni normalni rasjedi najvjerojatnije su nastali tijekom ili u postkompresijskoj fazi, tj. u ekstenzijskoj fazi koja je prema VAN UNEN et al. (2019) zabilježena na području Unutarnjih Dinarida. Prema VAN UNEN et al. (2019) te PALENIK et al. (2019) ekstenzija boranih struktura u Dinaridima dogodila se vjerojatno u razdoblju od kasne krede do oligocena, simultano s kompresijskom fazom i stvaranjem Dinaridskoga orogena, ali tijekom razdoblja popuštanja kompresije, no sigurno prije kompresijsko/transpresijske tektonike (neotektonike) koja započinje u pliocenu, a traje i danas (djelomično prema PALENIK et al., 2019).

**Rasjede s horizontalnim pomakom krila** se u istraživanom području generalno mogu podijeliti u dvije grupe i tako ih razmatrati. Prvu veliku skupinu rasjeda s horizontalnim pomakom karakterizira orijentacija pružanja SZ–JI i subvertikalna geometrija (smjer nagiba rasjednih ploha prema SI je češći) te strukturna reaktivacija, tj. obilježja i desnog i lijevog pomaka. Kinematska analiza polja naprezanja pokazala je vrlo slično polje paleonaprezanja kao i kod reverznih rasjeda istovjetnog pružanja. Karakterizira ih S(-SI)–J(-JZ) pružanje P-osi, a takvi rezultati upućuju na mišljenje da barem neki od tih lijevih i desnih rasjeda predstavljaju naslijeđene reverzne rasjede koji su strukturno reaktivirani u kompresijsko/transpresijskom polju naprezanja tijekom neogena i kasnije (neotektonski).

Drugu veliku skupinu rasjeda s kretanjem po pružanju karakterizira subvertikalna geometrija (subvertikalni kut nagiba), orijentacija pružanja S–J i SI–JZ te smjerovi nagiba rasjednih ploha prema Z i I, odnosno SZ i JI. Terenskim opažanjima i geološkim kartiranjem utvrđeno je da navedeni rasjedi s horizontalnim pomakom najčešće transliraju strukture dinaridskoga pružanja, tj. reverzne rasjede i osi bora pružanja SZ–JZ (vidi sl. 5.41 i PRILOG 1). Takav presječni odnos ukazuje na to da su rasjedi s horizontalnim pomakom relativno mlađi u odnosu na reverzne rasjede dinaridskoga pružanja, a i općenito od struktura pružanja SZ–JI. Uz navedeno te kinematsku analizu polja naprezanja koja ukazuje na P-osi pružanja S(-SI)–J(-JZ), može se zaključiti da su rasjedi s horizontalnim pomakom ove druge velike skupine najvjerojatnije posljedica kompresije po pravcu S–J tijekom mlađega miocena/pliocena do danas, a što je u skladu i sa zapažanjima u širem području Dinarida, npr. u sjeverozapadnoj Sloveniji (ŽIBRET & VRABEC, 2016).

Rezultati istraživanja strukturnih odnosa potvrdili su dosadašnje spoznaje o strukturno-geološkoj građi Ćićarije (npr. ŠIKIĆ et al., 1972), a to je da i kredne i paleogenske naslage imaju generalno dinaridski pravac pružanja SZ–JI. Do manjih odstupanja od takvoga pružanja struktura dolazi samo lokalno uslijed površinskoga zakretanja struktura kao posljedice navlačne tektonike s razmjerno plitko položenim navlačnim rasjedima čije rasjedne plohe mjestimice imaju vrlo blagi do subhorizontalni kut nagiba. Iz toga jasno proizlazi da je na današnji strukturni sklop ovoga područja najvećim dijelom utjecao kompresijski tip tektonike tijekom paleogena, koji je obilježen kompresijom po pravcu SI–JZ, odnosno formiranjem bora i rasjeda dinaridskoga pružanja. Uz to, kompresijski stil tektonike je zaslužan i za nastanak brojnih reverznih i navlačnih odnosa unutar istraživanih naslaga, a samim time i na kontrakciju, tj. skraćenje cjelokupnoga prostora koje se iskazuje s više navlačnih struktura kredno–paleogenih naslaga te paleogenskom ljuskavom strukturom.

Ako se usporedi strukturna građa cijeloga masiva Ćićarije, uočljiva je veća i kompleksnija tektonska izdiferenciranost u jugozapadnom i jugoistočnom dijelu istraživanoga područja, s cijelim nizom ljsaka i navlaka, u odnosu na manje deformiran sjeverni, sjeverozapadni i sjeveroistočni dio terena koji je karakteriziran boranjem krednih naslaga (PRILOG 1). Jugozapadni dio Ćićarije (**strukturno-tektonska jedinica II** u ovom radu) obilježen je ljuskavom strukturnom građom paleogenih naslaga. Morfološki gledano, jugozapadni dio Ćićarije predstavlja niz terasa sa široko raščlanjenim hrptovima i frontama ljsaka–navlaka izgrađenih od foraminiferskih vapnenaca (litostratigrafske jedinice FV). Te terase su smještene jedna povrhu druge, a međusobno su odijeljene klastičnim naslagama litostratigrafskih jedinica

PN (pretežito) te FL (rjeđe). Radi se o reverznim, odnosno navlačnim strukturama unutar kojih su višestruko prisutni reverzni odnosi koji su još naglašeniji zbog karaktera naslaga različitih mehaničkih svojstava. Čelo svake paleogenske ljsuke je navučeno prema JZ koristeći plastične flišne i prijelazne naslage kao vrlo pogodnu podlogu za klizanje. Ljuske su izgrađene ili od paketa paleogenskih naslaga litostratigrafskih jedinica FV, PN te vrlo rijetko i FL, ili samo od paketa naslaga FV, koji su međusobnim stepeničastim izdizanjem po tzv. *ramp and flat* strukturama (npr. TWISS & MOORES, 1992; DAVIS & REYNOLDS, 1996; FOSSEN, 2010) doveli do značajnog, višekratnog sažimanja prostora. Pritom je bitno naglasiti da su takve *duplex* strukture karakterizirane nedostatkom podloge, odnosno predstavljaju tzv. *thin-skinned* strukture (npr. TWISS & MOORES, 1992; DAVIS & REYNOLDS, 1996; FOSSEN, 2010). U ovom slučaju, potencijalni dekolmanski horizont predstavljaju ugljevite, odnosno bituminozne liburnijske naslage, najčešće kao najstariji paket miliolidnih vapnenaca što je i prikazano na geološkim profilima (PRILOG 2). Bušotina ŽTC-1 izrađena za potrebe izrade elaborata za svojedobno planirani željeznički tunel kroz Ćićariju (VLAHOVIĆ et al., 1995a) također govori u prilog navlačne tektonike. Naime, u nabušenom slijedu paleogenskih naslaga uočeno je višestruko ponavljanje FV što ukazuje na ljuskavu strukturu koju grade ljsuke paleogenskih naslaga bez sudjelovanja kredne podloge (PRILOZI 1 i 2).

U jugoistočnom dijelu Ćićarije koji je strukturno vrlo kompleksan izdvojene su tri gornjokredno–paleogenske navlačne strukture – **strukturno-tektonske jedinice IIIa, IIIb i IIIc** (sl. 5.41, PRILOG 1). Tektonski transport navlačenja im je generalno u smjeru JZ, duž pod vrlo blagim kutom nagnutih do subhorizontalnih navlačnih ploha koje prate topografiju terena te je time formiran niz tektonskih navlačaka, polunavlačaka i tektonskih okana (npr. MIHLJEVIĆ, 1995; VLAHOVIĆ et al., 1995a; MATIČEC, 1998).

U odnosu na jugozapadni i jugoistočni dio područja istraživanja sjeverni, sjeverozapadni i sjeveroistočni dio istraživanoga područja je izgrađen od boranih krednih naslaga (**strukturno-tektonska jedinica IV**). I prethodni autori su navodili da središnji dio Ćićarije u strukturnom pogledu predstavlja ostatak velike antiklinale izgrađene od krednih naslaga s paleogenkim naslagama u sjeveroistočnom i jugozapadnom krilu (npr. BLAŠKOVIĆ, 1969; ŠIKIĆ & PLENIČAR, 1975), s time da je jugozapadno krilo te antiklinalne strukture značajnije tektonski poremećeno u odnosu na sjeveroistočno koje je tektonski „mirnije“. Međutim, provedena istraživanja u sklopu izrade OGK RH M 1:50.000 i ovoga rada pokazala su da su sjeverni, sjeverozapadni i sjeveroistočni dio istraživanoga područja Ćićarije znatno kompleksniji u

strukturno-tektonskom pogledu nego što je to prikazano u ranijim istraživanjima (vidi PRILOG 1).

Sjeverozapadni dio **strukturno-tektonske jedinice IV** izgrađuje razmjerno velika prebačena antiklinalna struktura nazvana **prebačena antiklinala Jelovice** (sl. 5.41, PRILOG 1). U prebačenom jugozapadnom krilu se na naslagama najmlađe kredne jedinice GH u transgresivnom kontaktu nalaze paleogenske naslage jedinice FV. U središnjem dijelu boranoga krednog kompleksa **strukturno-tektonske jedinice IV** dominira velika prostrana antiklinala nazvana **antiklinala Vodice** (sl. 5.41, PRILOG 1). To je najveća struktura na istraživanom području i ustvari predstavlja strukturnu jezgru Ćićarije. Osim te dvije velike dominantne strukture, u **strukturno-tektonskoj jedinici IV** postoji i još nekoliko manjih, također boranih struktura. O detaljima vezanim za geološku građu boranih struktura bit će više govora u sljedećem potpoglavlju u kojem će se raspravljati o novim saznanjima, promjenama i doprinosima koje donosi nova geološka karta središnjega dijela Ćićarije M 1:50.000 (PRILOG 1) u odnosu na OGK SFRJ M 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972). I **prebačena antiklinala Jelovice** na sjeverozapadnom i **antiklinala Vodice** u središnjem dijelu **strukturno-tektonske jedinice IV** su svojim jugozapadnim krilima navučene na paleogensku ljuskavu strukturu prema JZ. Drugim riječima, karakteristika kompletnoga krednog boranog kompleksa sjeverozapadnoga i središnjega dijela **strukturno-tektonske jedinice IV** je navlačenje s tektonskim transportom u smjeru JZ, posljedica čega je vjerojatno i sam nastanak paleogenske ljuskave strukture jugozapadnoga dijela istraživanoga područja (**strukturno-tektonske jedinice II**). **Navlačni rasjed Vrh od Šterne–Osapna** preko kojega je kredni kompleks navučen prema JZ na paleogensku ljuskavu strukturu je generalno dinaridskoga pružanja (SZ–JI), ali mu pružanje nije u potpunosti kontinuirano, već je na više mjesta ispresijecan poprečnim rasjedima s lijevim i desnim pomacima. Ti rasjedi imaju funkciju tzv. *tear* rasjeda (npr. TWISS & MOORES, 1992; DAVIS & REYNOLDS, 1996; FOSSEN, 2010) koji omeđuju ili razmiču čeonu dio navlake (PRILOG 1).

Značajni pomak osne plohe, odnosno osi bore **prebačene antiklinale Jelovice** prema JZ u odnosu na os bore **antiklinale Vodice**, kao i ustrmljavanje te prebacivanje jugozapadnoga krila bore prema graničnom **navlačnom rasjedu Vrh od Šterne–Osapna**, ukazuje na činjenicu da lateralno postoje različiti pomaci krednoga boranog kompleksa u smjeru JZ (PRILOG 1). To navodi na zaključak da je u pojedinim dijelovima strukture kompresijsko paleonaprezanje po pravcu SI–JZ bilo različitoga intenziteta, odnosno lokalno je nastala veća ili manja kontrakcija postora. Osim toga, samo u sjeverozapadnom dijelu borane strukture se u krovini gornjokrednih naslaga nalaze i transgresivne paleogenske naslage jedinice FV koje su zajedno s krednom

podlogom navučene na paleogensku ljuskavu strukturu jugozapadnoga dijela Ćićarije. Dalje prema jugoistoku, u središnjem dijelu istraživanoga područja su gornjokredne litostratigrafske jedinice GH i SD preko **navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna** u kontaktu s paleogenskom ljuskavom strukturom prema JZ (PRILOG 1), što je još jedan pokazatelj nejednakoga intenziteta tektonskih pokreta koji su doveli do ovakvoga recentnog stanja. Osim toga, drugačiji su i sami strukturni odnosi te navlačne strukture: dok je u sjeverozapadnom dijelu terena prebačena antiklinalna struktura ostala gotovo u cijelosti sačuvana (uz tektonski reducirane debljine litostratigrafskih jedinica u JZ krilu), dalje prema jugoistoku kredna struktura je zbog djelovanja kompresije još i dodatno rasjednuta, pa su gornjokredne litostratigrafske jedinice MI, SD i GH uz granični **navlačni rasjed Vrh od Šterne–Osapna** u međusobno reverznim kontaktima. Prema SI su donjokredne albske naslage jedinice CN u reverznom kontaktu s navedenim gornjokrednim jedinicama. Svi navedeni reverzni kontakti su dinaridskoga pružanja (SZ–JI) i JZ vergencije, odnosno tektonskoga transporta u smjeru JZ (PRILOZI 1 i 2).

Sjeveroistočno krilo **prebačene antiklinale Jelovice** je u normalnom položaju (PRILOG 1), puno je blaže, slojevi su nagnuti u smjeru SI, s relativno blagim kutom nagiba i dalje prema sjeveroistoku se otvaraju sve mlađe naslage pa je zastupljen cijeli slijed od litostratigrafske jedinice CN (albske starosti), preko jedinice SIS (gornjoalbsko–donjocenomanske starosti) do svih litostratigrafskih jedinica mlađe krede (MI, SD i GH).

Od središnjega dijela **antiklinale Vodice** u kojem se na površini terena nalaze najstarije kartirane naslage ovoga područja (naslage litostratigrafske jedinice Dragozetići (DR) otrivske starosti) dalje prema sjeveroistoku slijede sve mlađe naslage prvo starije pa mlađe krede, da bi još dalje prema sjeveroistoku (već izvan granica područja istraživanja obuhvaćenog u ovom radu) na gornjokrednim naslagama transgresivno slijedile paleogenske naslage foraminiferskih vapnenaca te Brkinski flišni bazen (ŠIKIĆ et al., 1972; ŠIKIĆ & PLENIČAR, 1975). Drugim riječima, može se reći da idući od središnjega dijela antiklinale dalje prema sjeveroistoku normalno, periklinalno položene, slijede donjo- i gornjokredne naslage te naslage paleogena (BLAŠKOVIĆ, 1969). Ipak ni sjeveroistočno krilo antiklinale nije u potpunosti tektonski neporemećeno već je rasjednuto rasjedima s horizontalnim ili barem prividno horizontalnim pomakom pružanja pretežito (S-)SI–JZ(-J), tj. poprečno na pružanje osne ravnine **antiklinale Vodice**. Ono što je također novo u odnosu na prethodna istraživanja ovoga područja je rasjed utvrđen na potezu od naselja Vodice do sjecišta s navlačnim rasjedom Gradina–Žejane (za ovaj rad imenovan kao **rasjed Vodice–M. vršić** – sl. 5.41, PRILOG 1). Taj rasjed je također dinaridskoga pružanja, a nalazi se u sjeveroistočnom krilu **antiklinale Vodice** te je subparalelan



s pružanjem njezine osi, odnosno osnom ravninom (sl. 5.41, PRILOG 1). **Rasjed Vodice–M. vršić** je vrlo strmoga do subvertikalnoga nagiba, reverznoga karaktera i JZ vergencije te po svojem pružanju siječe i translata sve strukture dajući im prividno desni relativni pomak. Tako su i svi rasjedi pružanja SSI–JJZ, koji sijeku i translataju krila i os **antiklinale Vodice**, uz ovaj rasjed pomaknuti udesno. Samim time, može se zaključiti da je **rasjed Vodice–M. vršić** istodoban, ili relativno mlađi u odnosu na njih. Taj rasjed je s obzirom na svoju orijentaciju (pružanje i smjer nagiba) inicijalno vrlo vjerojatno nastao tijekom paleogenskoga tektonskog ciklusa pri paleonaprezanju kompresijskoga tipa po pravcu djelovanja SI–JZ, no on je vrlo vjerojatno reaktiviran i kasnije, u mlađim tektonskim (deformacijskim) ciklusima koji su zahvatili ovo područje, tj. najvjerojatnije je bio aktivan tijekom neotektonskoga razdoblja od neogena nadalje. Svojem pružanjem SZ–JI, taj je rasjed bio u idealnom položaju za strukturnu reaktivaciju tijekom neotektonskoga razdoblja kod djelovanja naprezanja po pravcu približno S–J (npr. stereogrami za grupu rasjeda HR-4a na sl. 5.115–5.117). Dalje prema SI od **rasjeda Vodice–M. vršić**, sjeveroistočno krilo **antiklinale Vodice** je tektonski manje poremećeno, uz prisutno sekundarno boranje, što je vidljivo na **sinklinali** i **antiklinali Mune** (sl. 5.41, PRILOG 1). Strukturno obilježje tih bora je dinaridski pravac pružanja njihovih osi (SZ–JI) te razmjerno male amplitude u odnosu na širinu bore.

#### 6.4. TEKTONSKI CIKLUSI U ISTRAŽIVANOM PODRUČJU

Od tektonskih (deformacijskih) ciklusa koji su ostavili traga na stijenama istraživanoga područja može se razlikovati **kredni tektonski ciklus**, **paleogeni tektonski ciklus** te **neotektonsko razdoblje** od neogena nadalje. Najstariji, **kredni tektonski ciklus** je već dosta spominjan i objašnjen u prethodnim potpoglavljima Rasprave. Kredna tektonika je dijelom mogla nastalim strukturama kao predcrtežom utjecati na mlađe deformacijske događaje, no posljedice njezinoga djelovanja uglavnom su intenzivno prerađene pokretima tijekom mlađih tektonski aktivnih razdoblja, tako da se te strukture danas na istraživanom dijelu Ćićarije i okolnoga područja najčešće ni ne mogu prepoznati. Isto tako, na istraživanom području mlađa, postkredna tektonska aktivnost maskira i znatno otežava i jasno razlikovanje elemenata kredne sinsedimentacijske tektonike (dijelom i prema MATIČEC, 1998). Tako su, kao što je već ranije spomenuto, najprepoznatljiviji zapisi krednoga tektonskog ciklusa zapravo vidljivi u bočnim razlikama zabilježenim u stratigrafskom slijedu naslaga (zajedno s eustatskim promjenama morske razine), u vertikalnim i lateralnim promjenama facijesa, osobito u povremenim produbljanjima i oplićavanjima taložnih okoliša te emerzijama.

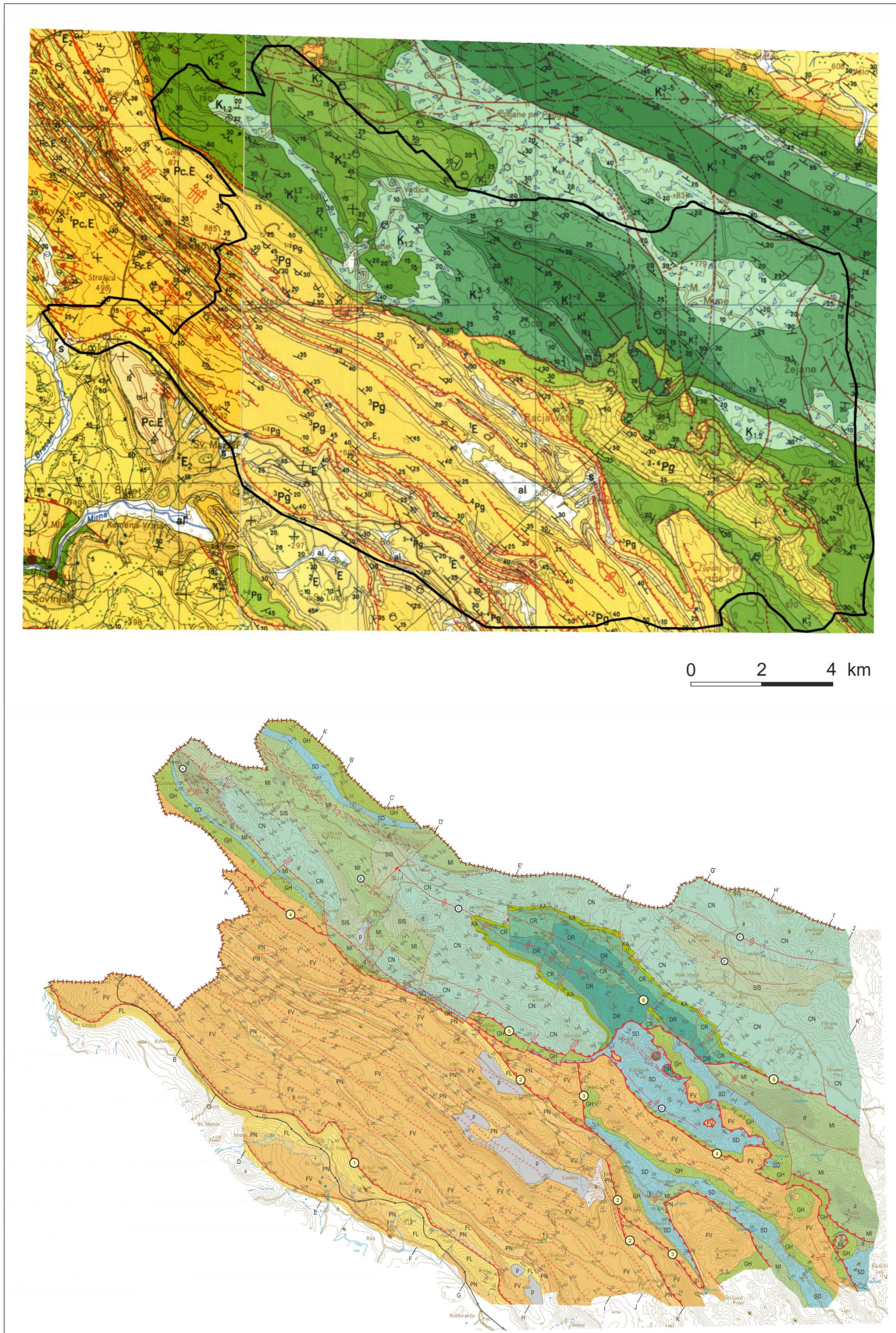
Tijekom aktivnosti **paleogenskoga tektonskog ciklusa**, kao posljedica kompresijskoga tektonskog djelovanja, postupno je došlo do kontrakcije platformnoga karbonatnog područja, formiranja regionalno značajnih zona podvlačenja, strukturnoga oblikovanja s dinaridskim značajkama i samoga izdizanja Dinarida (npr. MATIČEC, 1998; PLACER et al., 2010). Regionalna deformacija tijekom paleogenskoga tektonskog ciklusa predstavljena je paleonaprezanjem po pravcu SI–JZ, podvlačenjem u smjeru SI odnosno tektonskim transportom u smjeru JZ. Borane i rasjedne strukture koje su posljedica njezinoga djelovanja pretežito imaju pružanje SZ–JI (npr. BLAŠKOVIĆ, 1998; ŽIBRET & VRABEC, 2016). Tako i strukture istraživanoga područja koje predstavlja sjeverozapadni dio Dinarida, kao posljedicu tektonske aktivnosti tijekom paleogenskoga tektonskog ciklusa, obilježava pružanje SZ–JI (dinaridsko pružanje) i smjer tektonskoga transporta prema JZ. Odstupanja od toga su vidljiva, ali uglavnom samo kao lokalne pojave, što je već detaljnije objašnjeno u prethodnom potpoglavlju.

**Neotektonska aktivnost**, koja se i danas u sjeverozapadnom dijelu Dinarida i Jadrana očituje djelovanjem najvećega (paleo)naprezanja po pravcu S–J, započela je krajem miocena/početkom pliocena (npr. MATIČEC, 1998; VRABEC & FODOR, 2006; ŽIBRET & VRABEC, 2016 i reference u tome radu). Te najmlađe deformacije nisu u strukturnom pogledu ostavile značajnoga traga. One su utjecale na izgled današnjega reljefa (MIHLJEVIĆ, 1995), ali uglavnom nisu značajnije narušile postojeće strukturne odnose. Neotektonska aktivnost nije znatno preoblikovala postojeće strukture (npr. bore i rasjede) koje su zadržale generalno dinaridski pravac pružanja (SZ–JI). Međutim, neotektonska aktivnost se mjestimice ipak očituje kroz reaktivaciju starijih dinaridskih rasjednih struktura koje poprimaju novi, subhorizontalni karakter pomaka. Očituje se i u nastanku novih rasjeda s plohama subvertikalnih kutova nagiba, pružanja S–SI–J–JZ, rjeđe i pružanja SZ–JI, koji presijecaju i transliraju starije rasjede i osne plohe, odnosno osi bora dinaridskoga pružanja (SZ–JI). Duž takvih rasjeda litostratigrafske jedinice i strukture ostvaruju desni, a rjeđe i lijevi subhorizontalni pomak, što odgovara efektima neotektonske aktivnosti u širem području Dinarida (npr. PRELOGOVIĆ et al., 1995; TARI, 2002; VRABEC & FODOR, 2006; ŽIBRET & VRABEC, 2016). U prilog činjenici o nešto slabije izraženoj neotektonskoj aktivnosti ovoga dijela govore i podaci o recentnim seizmičkim pokretima, tj. o registriranim potresima (CARULLI et al., 1990; DEL BEN et al., 1991; PRELOGOVIĆ et al., 1995; MATIČEC, 1998; MARKUŠIĆ & HERAK, 1999; HERAK et al., 1996, 2017, 2018; FMS-Database, 2019) koji ukazuju da je područje Istre i istraživanoga dijela Ćićarije (ali i šire npr. područje Kvarnerskoga

zaljeva) što se tiče potresa razmjerno stabilno. Seizmički vrlo aktivne zone se nalaze sjeveroistočno od istraživanoga područja (područje Ilirske Bistrice), odnosno jugoistočno od Čićarije, u širem području grada Rijeke, Bakra, Bakarskoga zaljeva i Vinodola (HERAK et al., 1996, 2017; PALENIK et al., 2019).

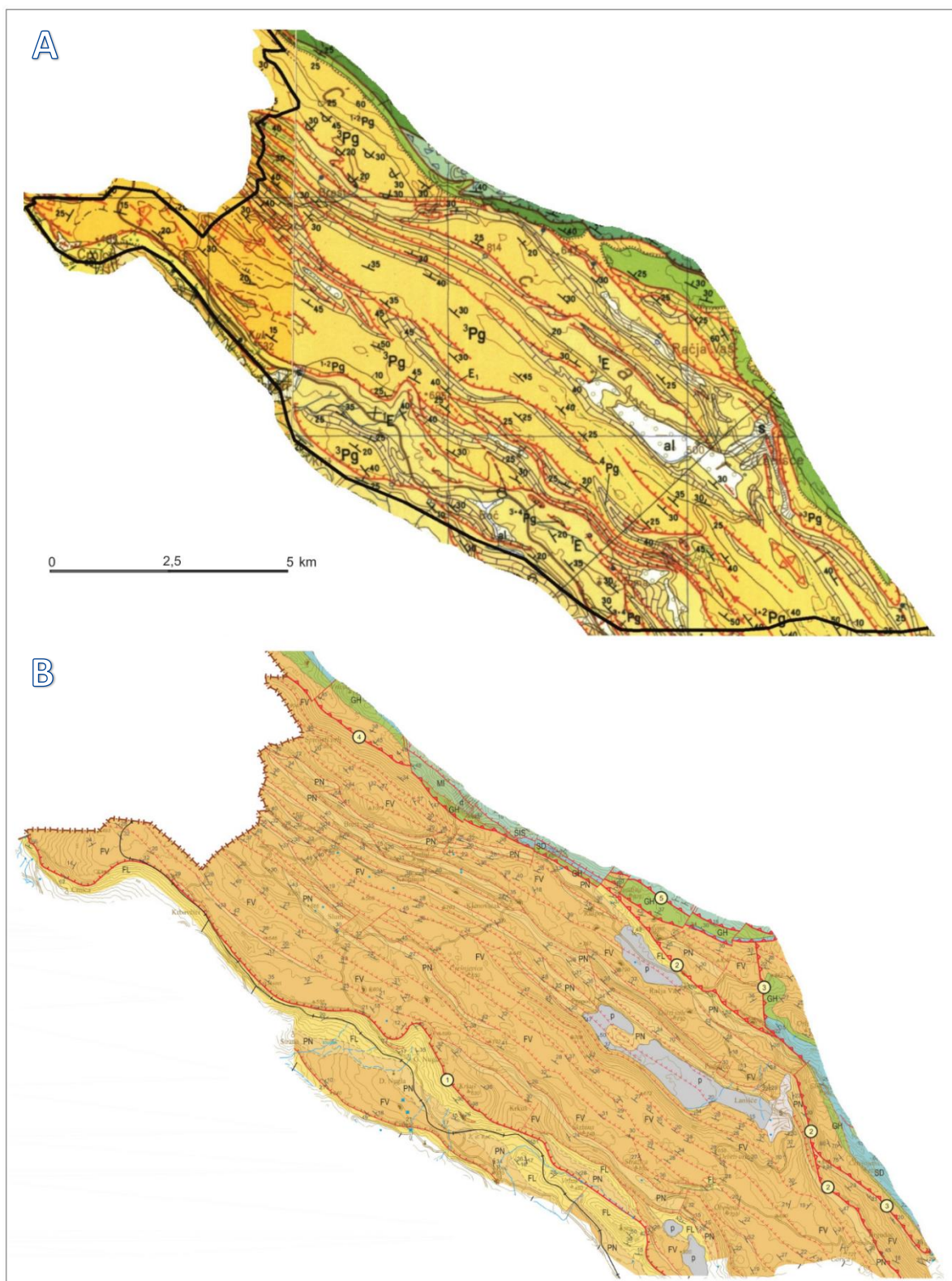
#### **6.5. NOVA GEOLOŠKA KARTA I PROFILI ISTRAŽIVANOGA PODRUČJA ČIĆARIJE U M 1:50.000 I USPOREDBA S REZULTATIMA PRETHODNIH ISTRAŽIVANJA**

Nova geološka karta (OGK RH M 1:50.000) istraživanoga područja središnjega dijela Čićarije i rubnoga dijela Pazinskoga flišnog bazena (PRILOG 1) izrađena je na litostratigrafskom principu, odnosno kartirane su i na karti prikazane prethodno definirane litostratigrafske jedinice, za razliku od stare OGK SFRJ M 1:100.000, koja je temeljena na kronostratigrafskom principu. Osim toga, nova OGK ovoga područja izrađena je u krupnijem mjerilu (1:50.000), pa je znatno detaljnija od prethodne karte. Već je više puta u tekstu navedeno da područje istraživanja za potrebe ove disertacije, odnosno geološka karta koja je tijekom tih istraživanja izrađena, najvećim dijelom pokriva područje OGK SFRJ M 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972). Tek mali, najsjeverozapadniji i najzapadniji dio istraživanoga područja za novu OGK M 1:50.000 pokriva područje OGK SFRJ M 1:100 000 lista Trst (PLENIČAR et al., 1969). Pri analizi nove karte moguće je utvrditi kakve su izmjene vidljive na novoj u odnosu na prethodnu geološku kartu (sl. 6.2). Prilikom razmatranja i usporedbe svakako treba uzeti u obzir i mjerila karte, pa je stoga logično moguća i ponešto detaljnija interpretacija međusobnih odnosa pojedinih jedinica prilikom izrade i konstrukcije same karte.



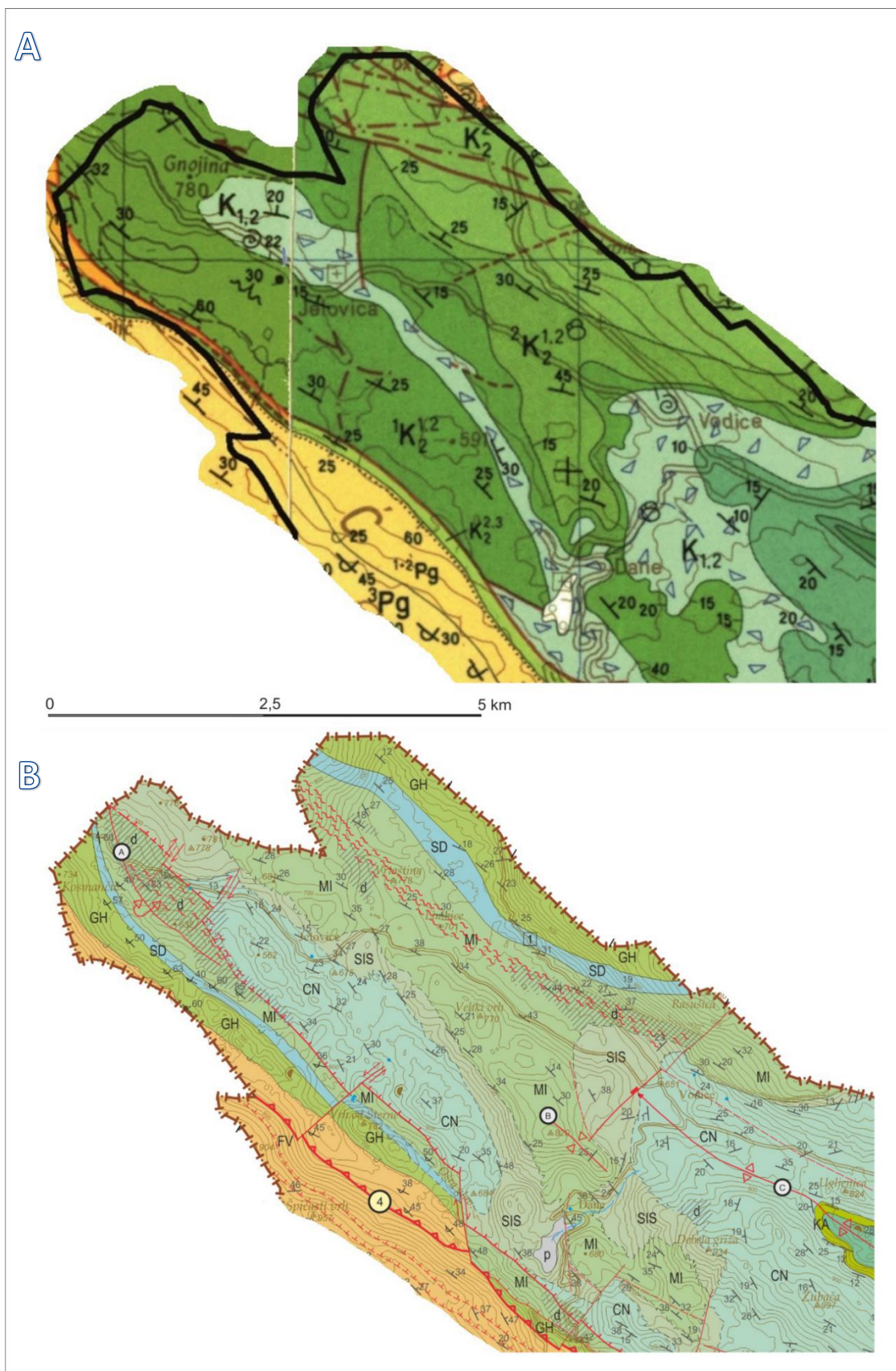
**Slika 6.2.** Usporedba prijašnje i nove geološke karte M 1:50.000 proizašle iz istraživanja za potrebe izrade OGK RH M 1:50.000 i ove disertacije. Na slici gore OGK SFRJ M 1:100.000 – kompilacija listova Trst (PLENIČAR et al., 1969) i ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972). Crnom bojom su izvučene granice poligona istraživanja nove OGK RH M 1:50.000 koja je prikazana na slici dolje.

Jugozapadni dio istraživana područja te područje paleogenske luskave strukture Ćićarije je razmjerno slično prikazano na obje geološke karte. Reverzni rasjedi paleogenskih ljsaka su dinaridskoga pružanja SZ–JI i na prethodnoj OGK SFRJ M 1:100 000 (sl. 6.3A) i na novoj karti i (sl. 6.3B), ali se na novoj OGK RH M 1:50.000 uočava više utvrđenih reverznih ponavljanja unutar paleogenskih naslaga (sl. 6.3B). Pritom treba još jednom naglasiti da su te razlike vjerojatno posljedica različite interpretacije prilikom izrade i konstrukcije u okvirima mjerila geoloških karata jer prethodna OGK SFRJ je M 1:100.000, a nova OGK RH je M 1:50.000, pri čemu su tijekom kartiranja paleogenskih naslaga korištene i detaljnije podjele koje su poslužile za rekonstrukciju ljsaka (npr. unutar litostratigrafske jedinice foraminiferski vapnenci se, bez obzira što je ta jedinica na konačnoj geološkoj karti prikazana kao jedinstvena, tijekom kartiranja pažljivo pratio slijed naslaga miliolidnih, alveolinskih, numulitnih i diskociklinskih vapnenaca, odnosno generalni trend postupnog produbljavanja facijesa i odgovarajućih fosilnih zajednica te su na temelju toga otkrivena moguća ponavljanja, odnosno ljuskanja pojedinih paketa unutar slijeda naslaga).



**Slika 6.3.** Usporedba geoloških karata jugozapadnoga dijela istraživanoga područja koje uključuje rubni sjeveroistočni dio Pazinskoga flišnog bazena i paleogensku ljuskavu strukturu Čičarije.  
 A) isječak iz OGK SFRJ M 1:100.000 (kompilacija listova Trst (PLENIČAR et al., 1969) i Ilirska Bistrica – ŠIKIĆ et al., 1972);  
 B) isječak iz nove OGK RH M 1:50.000 prikazane u ovom radu.

Najznačajnija razlika nove geološke karte istraživanoga područja Ćićarije u odnosu na OGK SFRJ M 1:100.000 je vidljiva u krajnjem sjeverozapadnom dijelu istraživanoga područja (sl. 6.4A i B). Na novoj OGK RH M 1:50.000 (PRILOG 1, sl. 6.4B) u tom dijelu dominira prebačena antiklinalna struktura koja je imenovana kao **prebačena antiklinala Jelovice** (PRILOG 1, sl. 5.41). Ta antiklinala u svojem središnjem dijelu kao najstarije naslage vidljive na površini terena sadrži naslage litostratigrafske jedinice Crna (CN) albske starosti. JZ krilo je u prebačenom položaju, a izgrađeno je od mlađih krednih naslaga litostratigrafskih jedinica Milna (MI), Sv. Duh (SD) i Gornji Humac (GH) na koje transgresivno naliježu paleogenske naslage jedinice foraminiferski vapnenci (FV). SI krilo antiklinalne strukture je u normalnom položaju i na naslage jedinice Crna iz središnjega dijela strukture dalje prema SI kontinuirano slijede sve mlađe naslage jedinica Sis, Milna, Sv. Duh i Gornji Humac. **Prebačena antiklinala Jelovice** je prema JZ u navlačnom odnosu s paleogenskom ljuskavom strukturom jugozapadnoga dijela Ćićarije. Na kompilaciji listova Trst i Ilirska Bistrica OGK SFRJ M 1:100.000 (sl. 6.4A) su na tome dijelu kao najstarije naslage na površini terena prikazane naslage prijelaza starije u mlađu kredu ( $K_{1,2}$ ), tj. albsko–cenomanski „dobro uslojeni i pločasti vapnenci te dolomitne i vapnene breče“ (prema ŠIKIĆ et al., 1972), što bi odgovaralo litostratigrafskoj jedinici Sis na novoj OGK RH 1:50.000. Još je veća razlika u interpretaciji odnosa toga krednog dijela prema paleogenskoj ljuskavoj strukturi na JZ. Na listu Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972) paleogenske naslage iz ljuskave strukture transgresivno naliježu na najmlađu kredu ( $K_2^{2,3}$ ) koja je prema SI u rasjednom odnosu sa starijom kredom ( $^1K_2^{1,2}$ ), a na listu Trst (PLENIČAR et al., 1969) u tom je dijelu prikazana najmlađa kreda ( $K_2^{1,2}$ ) koja je reverzno izdignuta na paleogenske naslage prema JZ (sl. 6.2 i 6.4A). Prikazane orijentacije položaja slojeva iz prethodnih istraživanja su na tom dijelu terena također prilično nelogične. Naime, ako je za pretpostaviti da najstarije naslage na površini terena u tom području ( $K_{1,2}$ ) predstavljaju središnji dio antiklinalne strukture (čija os također nije naznačena), a slojevitost tih naslaga kao što je naznačeno na karti ima smjer nagiba prema SI, tada bi mlađe kredne naslage u krovinskom dijelu ( $K_2^{2,3}$ , na listu Ilirska Bistrica – ŠIKIĆ et al., 1972, odnosno  $K_2^{1,2}$  na listu Trst – PLENIČAR et al., 1969), u JZ krilu morale imati smjer nagiba slojevitosti ili normalno prema JZ, ili prema SI ali u prebačenom položaju, a to nije tako prikazano na karti (sl. 6.2 i 6.4A). Ovako je prikazano da su mlađe kredne naslage u JZ krilu na oba lista (ŠIKIĆ et al., 1972; PLENIČAR et al., 1969) ustvari podina koja normalno prelazi u starije alb–cenomanske naslage –  $K_{1,2}$  (sl. 6.4A), što nije moguće.



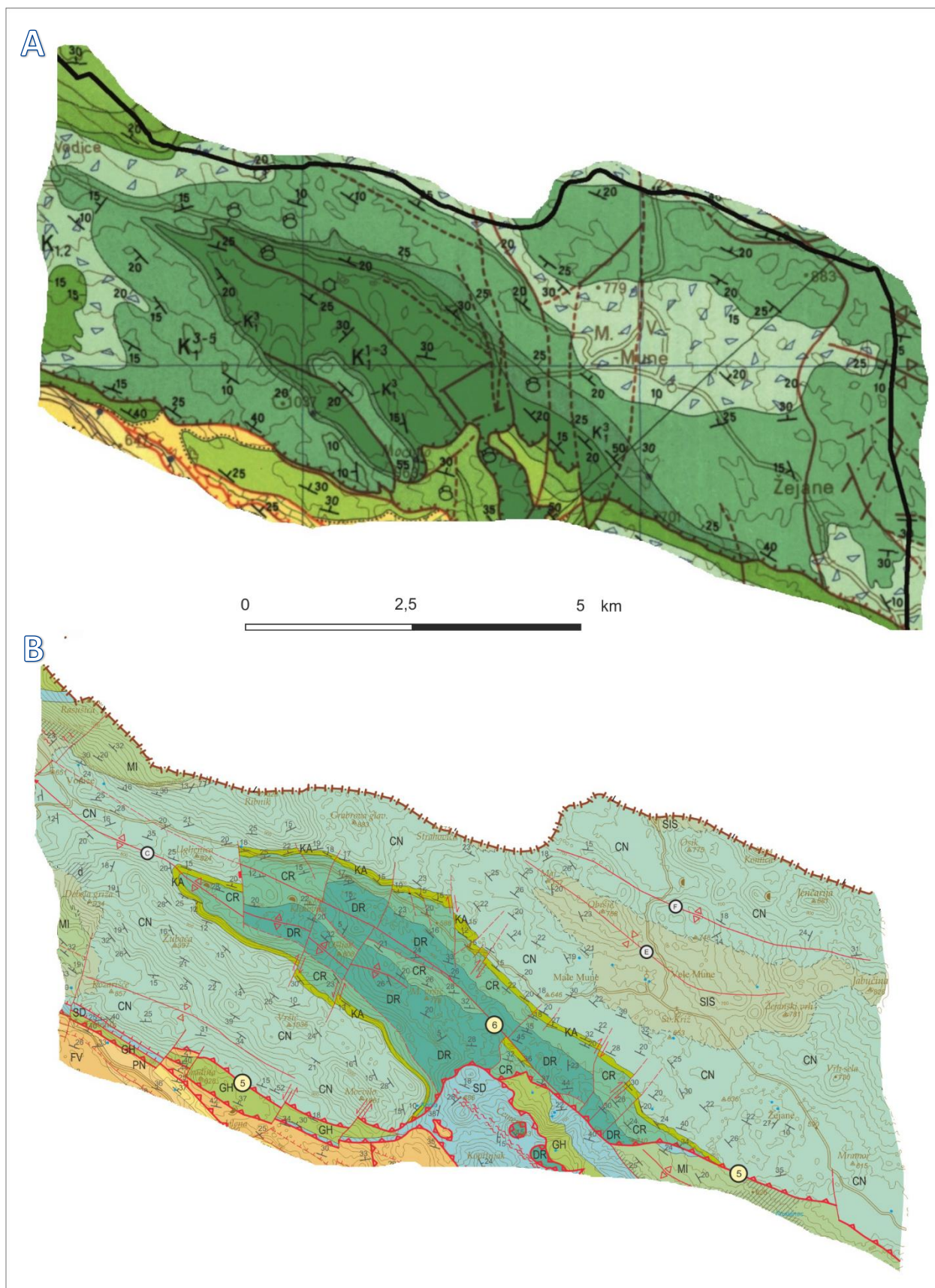
**Slika 6.4.** Usporedba geoloških karata sjeverozapadnoga dijela istraživanoga područja.

- A) isječak iz OGK SFRJ M 1:100.000 (kompilacija listova Trst (PLENIČAR et al., 1969) i Ilirska Bistrica – ŠIKIĆ et al., 1972);  
 B) isječak iz nove OGK RH M 1:50.000 prikazane u ovom radu.



Od opisanoga sjeverozapadnoga dijela istraživana područja dalje prema jugoistoku u središnjem dijelu borane kredne strukture i na prethodnoj OGK SFRJ M 1:100 000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972; sl. 6.5A) i na novoj OGK RH M 1:50.000 (PRILOG 1, sl. 6.5B), dominira velika antiklinalna struktura s osnom plohom i osi b dinaridskoga pružanja SZ–JI. Os antiklinale ima smjer tonjenja prema SZ pod blagim kutom. Razlike u novoj u odnosu na prethodnu geološku kartu u ovom dijelu terena su razmjerno male. Na novoj OGK RH M 1:50.000 (PRILOG 1) ta je velika antiklinalna struktura imenovana kao **antiklinala Vodice** (PRILOG 1, sl. 5.41) i u svojem središnjem dijelu kao najstarije stijene na površini terena sadrži naslage litostratigrafske jedinice Dragozetići (DR) otrivske starosti. To su ujedno i najstarije naslage koje se pojavljuju na površini terena istraživana područja. Isto tako, i na prethodnoj OGK SFRJ M 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972) u središnjem dijelu te antiklinale se nalaze najstarije naslage starije krede u ovom dijelu, kronostratigrafske oznake  $K_1^{1-3}$ . U krilima slijede mlađe naslage starije krede s kronostratigrafskim oznakama  $K_1^3$  i  $K_1^{3-5}$ , a razlika je u tome da su na novoj OGK RH M 1:50.000 (PRILOG 1, sl. 6.2) donjokredne naslage u krilima antiklinale izdvojene kao tri litostratigrafske jedinice – Cres (CR) baremske, Kanfanar (KA) aptske i Crna (CN) albske starosti.

Dalje prema istoku strukturno-geološki odnosi na novoj OGK RH M 1:50.000 (PRILOG 1) su vrlo slični kao i na prethodnoj OGK SFRJ M 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972; sl. 6.5B). Naslage su blago borane i izgrađuju blagu sinklinalu te od nje dalje prema sjeveroistoku i blagu antiklinalu. Na novoj OGK RH M 1:50.000 izvučene su osi bora koje imaju dinaridsko pružanje SZ–JI te su bore imenovane kao **sinklinala Mune** i **antiklinala Mune** (PRILOG 1), dok na prethodnoj geološkoj karti osi bora nisu ucrtane iako ucrtani simboli za položaj slojeva ukazuju na postojanje takvih boranih struktura (sl. 6.5B). U jezgri **sinklinale Mune** kao najmlađe naslage u ovom dijelu nalaze se naslage jedinice Sis, isto kao i na prethodnoj karti na kojoj su u jezgri izdvojene alb–cenomanske naslage kronostratigrafske oznake  $K_{1,2}$ . U krilima te sinklinale nalaze se albske naslage jedinice Crna (CN), odnosno  $K_1^{3-5}$  na OGK SFRJ M 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972). Sjeveroistočno krilo je također borano i tvori antiklinalnu strukturu (na novoj karti imenovanu kao **antiklinala Mune**). U jugozapadnom krilu sinklinalne strukture (**sinklinale Mune**) otvaraju se sve starije kredne naslage, a to je krilo s najstarijim krednim naslagama jedinice Dragozetići (DR) (sl. 6.5B), odnosno  $K_1^{1-3}$  (sl. 6.5A) u navlačnom kontaktu s naslagama mlađe krede prema JZ.



**Slika 6.5.** Usporedba geoloških karata središnjega i sjeveroistočnoga dijela istraživanoga područja.  
 A) isječak iz OGK SFRJ M 1:100.000 (list Ilirska Bistrica – ŠIKIĆ et al., 1972);  
 B) isječak iz nove OGK RH M 1:50.000 prikazane u ovom radu.

I južnije od opisanih boranih struktura strukturno-geološki odnosi prikazani na novoj geološkoj karti su razmjerno slični onima na prethodnoj karti (sl. 6.6A i B). U tom dijelu istraživanoga terena u području navlačnih struktura izgrađenih od krednih i paleogenskih naslaga na novoj OGK RH M 1:50.000 (PRILOG 1, sl. 6.6B) izdvojeni su navlačci izgrađeni od naslaga jedinice Dragozetići (DR), kao erozijski ostaci čeonoga dijela velike navlake s boranim starije krednim naslagama koja se nalazi prema SI. Na OGK SFRJ M 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972) na istom mjestu je izdvojen „polunavlačak“ (s najstarijim krednim naslagama kronostratigrafske oznake  $K_1^{3-5}$ ) kao neodvojeni čeonni dio velike sjeveroistočne navlake (sl. 6.6A). Osim toga, na obje geološke karte je prikazana i pojava tektonskih okana s paleogenkim naslagama jedinice foraminiferski vapnenci (sl. 6.6A i B). Male razlike koje se uočavaju na novoj u odnosu na prethodnu geološku kartu spadaju u domenu mjerila karte i interpretacije autora ovoga geološki vrlo kompleksnoga dijela terena.

Nešto južnije, u području Lanišća i Županj vrha, sličnosti između prethodne i nove geološke karte su još izrazitije. Navlačni rasjed koji se pruža od Lanišća prema JI pa u svojem pružanju zakreće i povija oko Županj vrha je praktički identično iskartiran i interpretiran i na prethodnoj i na novoj geološkoj karti (sl. 6.6A i B).

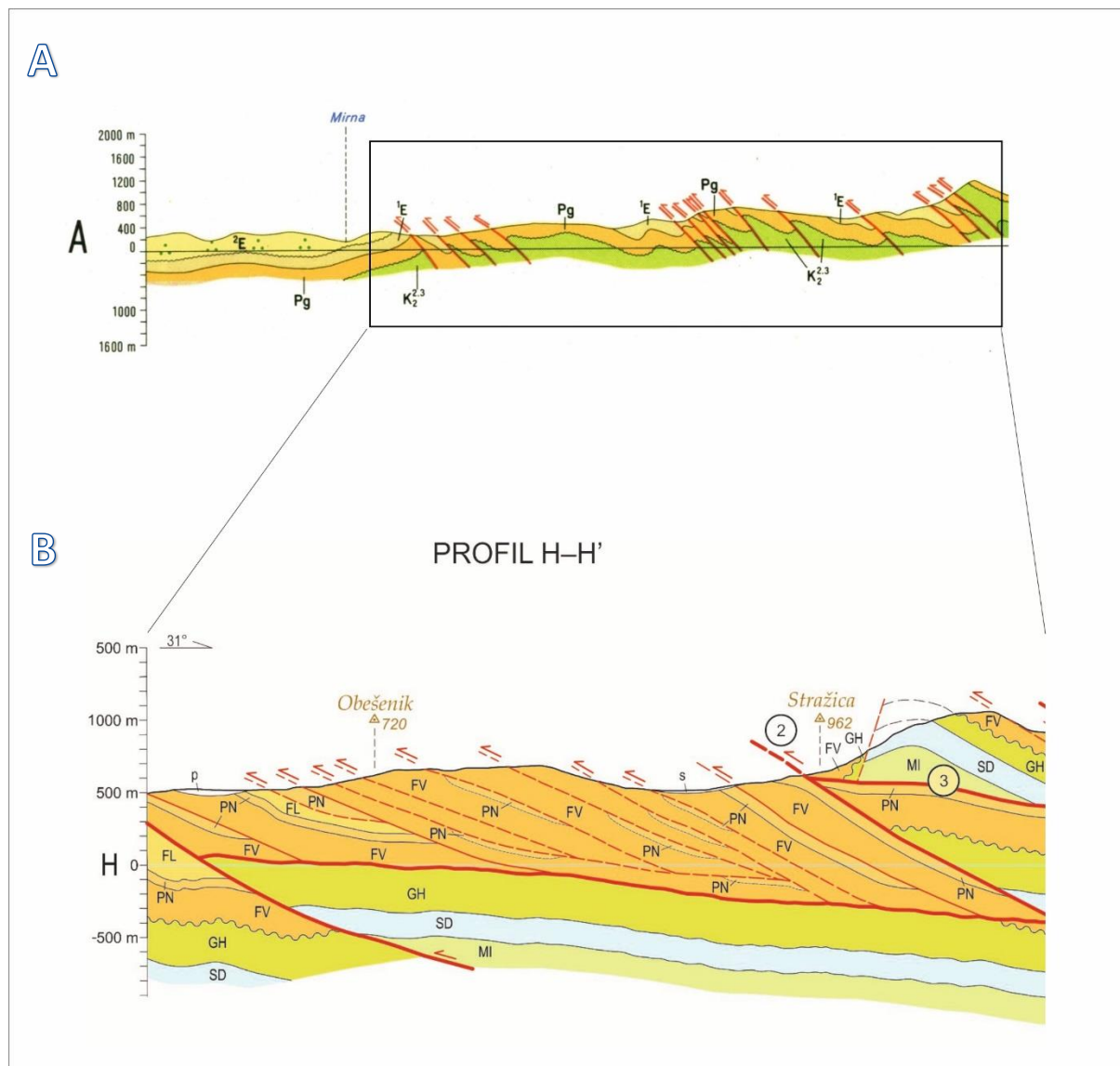


Na kraju treba istaknuti i da pojedini dijelovi terena nisu geološki kartirani ni jednakim intenzitetom s obzirom na gustoću točaka opažanja, a niti metodologija samoga kartiranja nije bila ista. Kod prethodne OGK SFRJ M 1:100.000 geološko kartiranje se više temeljilo na metodologiji geološkog profiliranja (iz fonda stručne dokumentacije HGI-a i usmenim priopćenjem starijih kolega koji su sudjelovali u izradi OGK SFRJ M 1:100.000), dok se nova OGK RH M 1:50.000 temelji na geološkom kartiranju površine terena. Kod geološkog profiliranja, ovisno o udaljenosti između pojedinih profila, koji su u različitim područjima bili međusobno različito udaljeni, područje između kartiranih profila je interpolirano. Tako je s porastom udaljenosti između profila dolazilo i do veće mogućnosti pogreške u interpolaciji prostora između profila, pogotovo u strukturno-tektonski kompleksnijim terenima kao što je istraživano područje Čićarije. S obzirom da su se terenska istraživanja za izradu nove OGK RH M 1:50.000 ovoga područja (PRILOG 1) temeljila gotovo isključivo na geološkom kartiranju površine s velikim brojem točaka terenskih opažanja (vidi PRILOG 3), a uz to je nova geološka karta i krupnijega mjerila u odnosu na prethodnu te s više izdvojenih litostratigrafskih jedinica, može se zaključiti da ona i time pruža značajan novi doprinos u poznavanju geologije ovoga područja.

U odnosu na geološku kartu znatno su značajnije razlike u geološkim profilima istraživanoga područja, osobito u konstrukciji površinskih i potpovršinskih struktura i strukturnih odnosa i njihovoj interpretaciji. Na profilu A–B na OGK SFRJ M 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972) – sl. 6.7A i 6.8A, koji uglavnom poprečno presijeca strukture, na jugozapadnom dijelu koji se odnosi na područje istraživanja za potrebe ovoga rada (tj. rubni sjeveroistočni dio Pazinskoga flišnog bazena te središnji dio Čićarije), autori su tektonske kontakte interpretirali reverznim i navlačnim rasjednim strukturama koje ukazuju na tektonski transport prema JZ, a čija je geometrija definirana strmim do subvertikalnim kutom nagiba u smjeru SI. To se posebno odnosi na JZ dio Čićarije, paleogensku ljuskavu strukturu, odnosno međusobne kontakte između pojedinih ljusaka (sl. 6.7A).

Međutim, provedena istraživanja za novu OGK RH M 1:50.000 kao i dodatna istraživanja za potrebe izrade ove disertacije, ukazali su na dijelom drugačije rezultate te mogućnost nove reinterpretacije prikazanih odnosa između struktura. Naime, iako kontakti među ljuskama, odnosno kutovi nagiba ploha reverznih i navlačnih rasjeda mjestimice mogu biti i strmiji (npr. 40–50°), oni su najčešće znatno blaži kao što je to i prikazano na geološkim profilima prikazanim u ovome radu (PRILOG 2, sl. 6.7B). Kutovi nagiba rasjednih ploha ljusaka se u pravilu mijenjaju po dubini, iz strmijih u blaže, rjeđe i obrnuto, tvoreći na taj način kompleksne

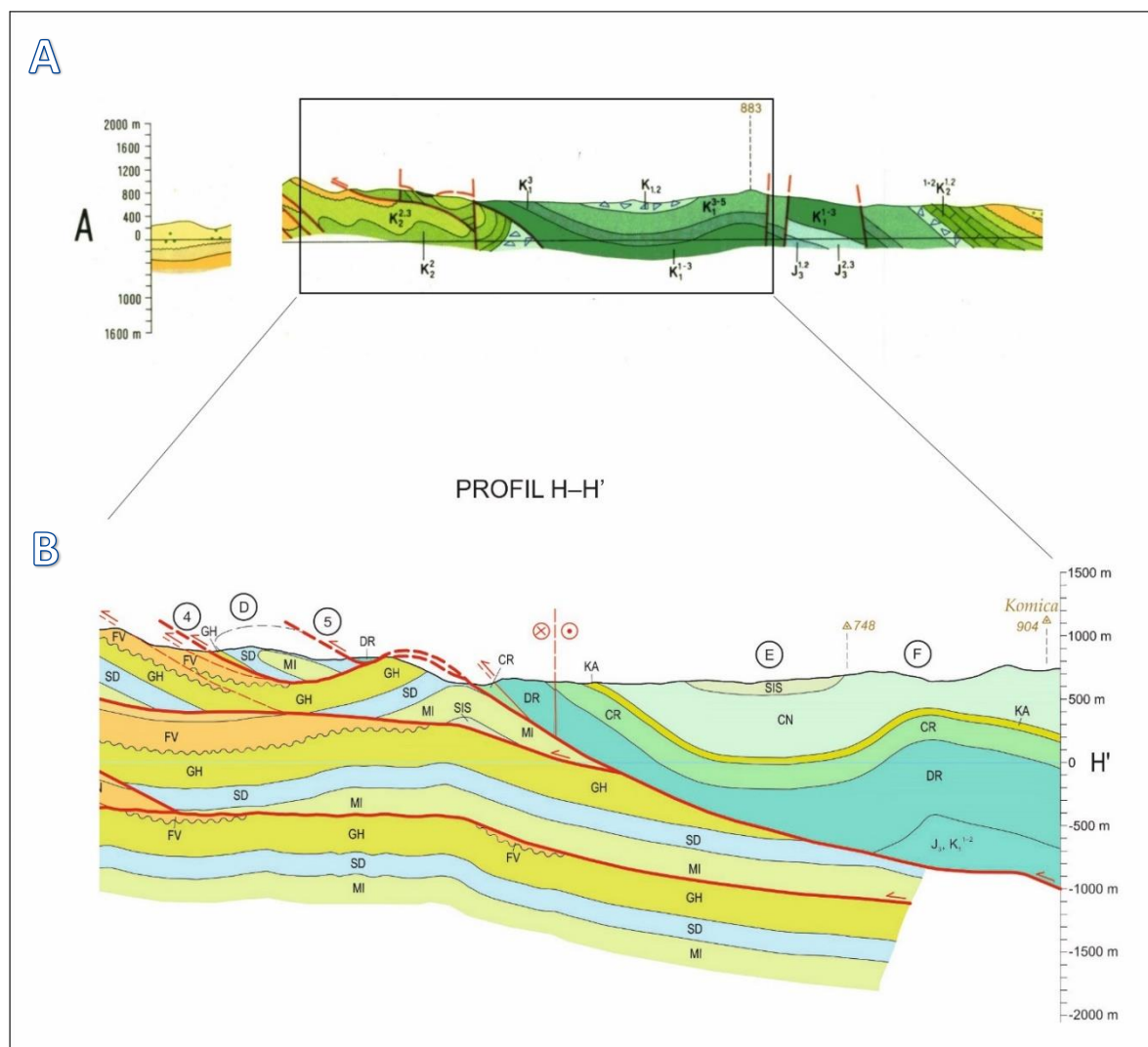
rasjedne strukture, tzv. *ramp and flat* strukture, što je i prikazano na geološkim profilima (PRILOG 2, sl. 6.7B).



**Slika 6.7.** A) Jugozapadni dio geološkoga profila A–B iz OGK SFRJ M 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972). Uokvireni dio profila se odnosi na područje istraživano u ovom radu, a prikazuje sjeveroistočni rub Pazinskoga flišnog bazena te paleogensku ljuskavu strukturu Čičarije. Na krajnjoj desnoj strani slike (SI dio profila) vidljiv je i navlačni kontakt navlake izgrađene od krednih i paleogenskih naslaga; B) Jugozapadni dio geološkoga profila H–H' iz nove geološke karte središnjega dijela Čičarije M 1:50.000 (PRILOZI 1, 2). Izdvojeni dio profila prikazuje sjeveroistočni rub Pazinskoga flišnog bazena te paleogensku ljuskavu strukturu Čičarije. Na desnoj strani profila prikazani su navlačni kontakti navlaka izgrađenih od krednih i paleogenskih naslaga. NAPOMENA: pozicija profila A–B na OGK SFRJ M 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972) približno odgovara poziciji profila H–H' s nove OGK RH M 1:50.000 središnjega dijela Čičarije (PRILOG 1).

Sjeveroistočni dio profila H–H' koji prikazuje navlačne strukture izgrađene od kredno–paleogenskih te donjokrednih naslaga (sl. 6.8B) je razmjerno sličan profilu A–B s OGK SFRJ M 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972) – sl. 6.8A. S obzirom da je profil H–H'

samo približno lociran kao i geološki profil A–B s OGK SFRJ M 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972), teško je napraviti detaljniju i potpunu usporedbu ta dva geološka profila. Uz to, ne postoje ni bušotinski, seizmički ili neki drugi podaci koji bi mogli pomoći pri rekonstrukciji potpovršinske geološke, odnosno strukturne građe. Shodno tome, uglavnom sve uočene razlike na navedenim profilima, kao npr. kutovi nagiba reverznih i navlačnih rasjeda, spadaju u domenu autorske interpretacije.



**Slika 6.8.** A) Središnji dio geološkog profila A–B iz OGK SFRJ M 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972), kao nastavak profila sa slike 6.7A prema SI. Uokvireni dio profila se odnosi na područje istraživano u ovom radu, a prikazuje navlačne strukture izgrađene od naslaga mlađe krede (navlaka na slici A lijevo), odnosno od starije krede (navlaka s istaknutim navlačkom starije krede kao erozijskim ostatkom na naslagama mlađe krede); B) Sjeveroistočni dio geološkog profila H–H', kao nastavak profila sa slike 6.7B prema SI. Na ovom dijelu profila su prikazane navlačne strukture izgrađene od naslaga mlađe krede (navlaka na slici B lijevo, označena brojem 4), odnosno od naslaga starije krede i podinskih starijih naslaga (navlaka označena brojem 5 s istaknutim navlačkom starije krede kao erozijskim ostatkom na naslagama mlađe krede). NAPOMENA: pozicija profila A–B na OGK SFRJ M 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972) približno odgovara poziciji profila H–H' s nove OGK RH M 1:50.000 središnjega dijela Čićarije (PRILOG 1).

Nadalje, kod interpretacije geometrije navlačnih rasjeda navlaka izgrađenih od gornjokredno–paleogenskih i krednih naslaga, prvenstveno kutova nagiba ploha navlaka, prilikom izrade geoloških profila (PRILOG 2) korišteni su podaci orijentacija tih ploha mjereni direktno na terenu. Međutim, dobro otkriveni i mjerenju dostupni navlačni kontakti su na istraživanom području vrlo rijetki. Tako su kutovi nagiba navlačnih ploha uglavnom konstruirani s obzirom na njihovo pružanje i interpretaciju na geološkoj karti (npr. na osnovu odnosa kartiranih navlačnih kontakata starijih na mlađe litostratigrafske jedinice i njihove presječnice s izohipsama terena) – PRILOG 1. Pojava tektonskih okana (naslaga jedinice foraminiferski vapnenci – FV) i navlačaka (naslaga jedinice Dragozetići – DR) u jugoistočno–istočnom dijelu istraživanoga područja (PRILOG 1) duž treće po redu gornjokredno–paleogenske navlačne strukture (u **strukturno-tektonskoj jedinici IIIc**) pokazuju da su kutovi nagiba ploha graničnih **navlačnih rasjeda Vrh od Šterne–Osapna i Gradina–Žejane** (označeni brojevima 4 i 5 na sl. 5.41 i PRILOGU 1) u ovom dijelu vrlo blagi do subhorizontalni. To je i prikazano na geološkim profilima H–H', I–I', J–J' (sl. 6.8B; PRILOG 2).

Blagi kutovi između pojedinih paleogenskih ljusaka su utvrđeni i na terenu (npr. sl. 6.9A, B i C), a ponegdje su ti kutovi nagiba iznosili svega 10–15° (sl. 6.10A i B).





**Slika 6.9.** Primjeri reverznih, odnosno navlačnih kontakata paleogenskih ljušaka s vrlo blagim kutom nagiba rasjedne plohe: A) panoramski snimak fronte foraminiferskih vapnenaca jedne od ljušaka (u dnu slike vidljiv je kontakt s laporima; B) i C) detalji primjera navlačnih kontakata jedinica foraminiferski vapnenci (na slici gore) i lapora iz prijelaznih naslaga (na slici dolje) s vrlo blagim kutom nagiba rasjedne plohe. Lokacija: 45°23'57.8"N, 14°3'26.4"E.



**Slika 6.10.** Primjer subhorizontalnog navlačnog kontakata paleogenske ljuške. A) pogled sa strane; B) pogled sprijeda na čeonu dio ljuške. NAPOMENA: gore na slikama su foraminiferski vapnenci, a ispod lapori jedinice prijelazne naslage. Lokacija: 45°23'21.3"N, 14°5'36.3"E.

Osim razlika u kutovima nagiba reverznih i navlačnih kontakata paleogenskih ljsaka, značajne razlike u geološkim profilima prikazanim u ovom radu (PRILOG 2) i geološkim profilima na postojećim geološkim kartama su i u potpovršinskoj interpretaciji strukturnih odnosa. Interpretacije geoloških struktura prethodnih autora (npr. SALOPEK, 1954c i BLAŠKOVIĆ, 1969) završavale su razmjerno plitko ispod površine terena te su uglavnom interpretirane isključivo površinske strukture (do dubine 100–200 m, najviše do 300 m), uključujući i geometriju pojedinih navlačnih struktura, dok u rekonstrukciju i interpretaciju potpovršinskih odnosa autori nisu ulazili. BLAŠKOVIĆ (1969; vidi sl. 3.1) i SALOPEK (1954c) su na svojim profilima definirali pretpostavljenu potpovršinsku geometriju navlačnih struktura, pogotovo onih krednih iz sjeveroistočnoga dijela, dok su dio ljskave strukture jugozapadnoga dijela Ćićarije pokušali interpretirati boranjem paleogenskih naslaga s borama čije osne ravnine imaju JZ vergenciju.

Istraživanjima za novu OGK RH M 1:50.000 te za ovu disertaciju takve bore unutar paleogenskih naslaga jugozapadnoga dijela Ćićarije nisu pronađene. Naslage unutar paleogenske ljskave strukture uglavnom imaju smjer nagiba slojevitosti prema SI, a prava boranja su izuzetno rijetka. Tek sporadično su zabilježene slojevitosti drugih smjerova nagiba (npr. prema S i SZ), ali takva mala odstupanja u smjeru nagiba ili su vezana za tek blago boranje, ili su odraz djelomičnoga zakretanja dijelova paketa naslaga uz neke od poprečnih rasjeda, koji su generalnoga pružanja SI–JZ, uz mjestimice odstupanja u pružanje S(–SZ)–J(–JI) i pretežito, barem prividno, horizontalni pomak krila (PRILOG 1). Suprotni smjerovi nagiba slojevitosti, prema JZ, zabilježeni su uglavnom u čeonim dijelovima pojedinih paleogenskih ljsaka, ali samo ako je čeonni dio ljske ostao sačuvan od erozije i korozije (vidi sl. 5.73B i C). Važnu nelogičnost, a vjerojatno i pogrešku u interpretacijama geoloških profila SALOPEKA (1954c) i BLAŠKOVIĆA (1969; vidi sl. 3.1) predstavlja prikazana daleko prevelika ukupna debljina paleogenskih naslaga, odnosno foraminiferskih vapnenaca i prijelaznih naslaga, što je posljedica tektonskoga ponavljanja dijelova slijeda.

Već su autori OGK SFRJ M 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972), za ukupnu debljinu naslaga foraminiferskih vapnenaca (miliolidni, alveolinski i numulitni vapnenci) navodili debljinu od 230 m, dok su za prijelazne naslage (lapori s globigerinama i lapori s rakovicama i numulitima) pretpostavili ukupnu debljinu od 200 m. Istraživanjima za novu OGK RH M 1:50.000 na ovom području zbog vrlo kompleksnih tektonskih odnosa nisu snimani geološki stupovi kroz paleogenske naslage, međutim izračunom preko geoloških profila (PRILOG 2) dobivene vrijednosti za jedinicu FV (foraminiferski vapnenci) su oko 250 m, a za jedinicu PN (prijelazne naslage) oko 60 m (vjerojatno mjestimice i više, budući da se

na terenu uglavnom nalazi samo niži dio naslaga) ukupne debljine, što je već navedeno u prvom potpoglavlju ovoga poglavlja.

Za razliku od SALOPEKA (1954c) i BLAŠKOVIĆA (1969), autori geološkoga profila A–B na OGK SFRJ M 1:100.000, lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972), svojom su interpretacijom i rekonstrukcijom strukturnih odnosa prikazali i dublje strukturne odnose. Tako su npr. u svojoj interpretaciji područja paleogenske ljuskave strukture jugozapadnoga dijela Ćićarije osim već navedenih dosta strmo nagnutih ploha reverznih kontakata između pojedinih ljusaka u profilu prikazali i naslage mlađe krede u podini foraminiferskih vapnenaca, koje su također poremećene tim rasjedima i reverzno izdignute uz njih. To bi značilo da su i gornjokredne naslage kao stijene podloge predstavljale sastavni dio ljusaka, odnosno njihove grade. Stoga, postavlja se pitanje tektonske poremećenosti gornjokrednih naslaga i njihovoga strukturnog položaja u odnosu na površinu terena.

U ovom se radu izrada strukturnog modela paleogenских ljusaka JZ dijela Ćićarije temeljila na rezultatima detaljnih terenskih istraživanja koji su ukazali na sljedeće činjenice:

- a) reverzni i navlačni kontakti između pojedinih ljusaka su najčešće puno blažega kuta nagiba od onih koji su nacrtani na profilu A–B na OGK SFRJ M 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972);
- b) s obzirom da u području paleogenske ljuskave strukture JZ dijela Ćićarije na površini terena nigdje nema krednih naslaga one vjerojatno nisu ni sudjelovale u ljuskanju, navlačenju i ponavljanju paleogenских naslaga;
- c) istraživačka bušotina ŽTĆ-1 dubine 350,5 m izrađena prilikom istraživanja za potrebe izrade projekta planiranoga željezničkog tunela kroz Ćićariju prošla je kroz tri do četiri ljuske paleogenских naslaga u kojima su ponavljani različiti slijedovi foraminiferskih vapnenaca (jedinice FV) i njima krovinskih prijelaznih naslaga (PN) i nije nabušila kredne naslage, odnosno cijeli profil joj se nalazi isključivo unutar paleogenских naslaga (VLAHOVIĆ et al., 1995a).

Shodno navedenome, a i u skladu s rezultatima terenskih istraživanja, logično je pretpostaviti da u predloženom strukturnom modelu paleogenska ljuskava struktura mora biti na određeni način fizički odvojena dekolmanskim horizontom od podinskih naslaga mlađe krede (vidi PRILOG 2).

S obzirom da kredne naslage ne sudjeluju u gradnji ljusaka lokalni dekolmanski horizont (engl. *detachment fault*) je morao biti formiran na granici najmlađe krede i paleogena i to najvjerojatnije u prvim slojevima miliolidnih vapnenaca kao najvišega dijela Kozinskih naslaga

koji svojim litološkim svojstvima i bituminoznom komponentom koju sadrže predstavljaju potencijalno povoljnu podlogu za smicanje, odnosno formiranje dekolmana. Paleogenske naslage koje su bile istaložene na gornjokrednu podlogu su po tom dekolmanskome horizontu translaticirane prema površini gdje je došlo do ljuškanja bez utjecaja deformacija na podinske naslage koje se nalaze ispod dekolmanskog horizonta (gornjokredne i starije naslage) (vidi sl. 6.8B i PRILOG 2). Paketi paleogenih naslaga u krovinskom bloku, iznad dekolmanskog horizonta, reverzno su navučeni jedni na druge, preko reverznih, odnosno navlačnih rasjeda koji se granaju od plohe dekolmanskog horizonta prema površini i to vrlo vjerojatno po principu *ramp and flat* geometrije struktura (zbog razlika u kutu nagiba rasjednih ploha između pojedinih ljušaka – mjestimice 10–30°, a ponegdje i dosta strmih 40–50° najvjerojatnija je *ramp and flat* geometrija; vidi npr. FOSSEN, 2010). Mjestimice pojedine ljuške mogu imati i karakterističnu listričku geometriju (rasjedne plohe koje se granaju od dekolmanskog horizonta i šire se prema površini te su na površini strmijih nagiba nego u dubini – vidi PRILOG 2). Isto tako, pojedini setovi Pg ljušaka imaju međusobno subparalelne rasjedne kontakte pokazujući na taj način osobine imbriciranih struktura (engl. *imbricate structure*). Za pretpostaviti je također da je kod ovakvoga tipa *thin-skinned* deformacije i geometrije pojedinih ljušaka vrlo vjerojatno dolazilo i do formiranja tzv. kompresijskih *duplex* struktura, no takve strukture su najvjerojatnije djelomično erodirane, pa ih danas ne nalazimo u cijelosti sačuvane.

Za stvaranje samih paleogenih ljušaka, osim dekolmanskog horizonta koji odvaja paleogenske naslage od gornjokredne podine, vrlo je bitna i uloga prijelaznih naslaga te fliša, s time da su naslage fliša, kao što je to već više puta naglašeno, znatno rjeđe prisutne u današnjoj građi ljušaka. Prijelazne laporovite naslage i naslage fliša, odnosno lapori iz baze fliša, se zbog svojih sličnih geomehaničkih svojstava, plastičnosti i nekompetentnosti ponašaju vrlo slično, odnosno kao dobra podloga za reverzno rasjedanje i navlačenje krovinskih kompetentnih karbonatnih stijena litostratigrafske jedinice foraminiferski vapnenci. Iz tog razloga prijelazne naslage i naslage fliša predstavljaju još jedan mogući dekolmanski horizont kao krovinski dio pojedinih paleogenih ljušaka, odnosno podinski dio sljedećih ljušaka. Više puta je već navedeno, a vidljivo je i na geološkoj karti (PRILOG 1) da su danas na površini terena pojedine ljuške u reverznom ili navlačnom kontaktu između pojedinih paketa foraminiferskih vapnenaca (FV) po principu da je stariji paket jedinice FV reverzno izdignut na mlađi paket naslaga iste litostratigrafske jedinice, bez prisutnosti nekompetentnih laporovitih naslaga između. Međutim, to što danas u podinskom bloku takve nove paleogenske ljuške nisu prisutne prijelazne naslage ili fliš ne znači da ih u inicijalnoj fazi ljuškanja nije bilo te su one prilikom reverznog izdizanja, odnosno navlačenja krovinske paleogenske ljuške istisnute na površinu terena i s vremenom

erodirane. Stoga su, prilikom konstrukcije profila, u podinskim blokovima takvih reverznih ili navlačnih kontakata između karbonatnih paketa litostratigrafske jedinice foraminiferski vapnenci pretpostavljene prijelazne naslage kao vjerojatni dekolman između paleogenskih ljustaka (vidi PRILOG 2).

Zbog svih navedenih pretpostavki i terenski utvrđenih činjenica, prilikom interpretacije i konstrukcije geoloških profila istraživanoga područja (PRILOG 2), konzultirana je literatura s primjerima iz drugih, sličnih područja, gdje je vidljiva konvergencija, odnosno kolizijski kontakti između tektonskih ploča i mikroploča ili samo pojedinih paketa naslaga unutar njih, tj. u zonama navlačenja ili podvlačenja stijenskih masa. Kao primjer korišteni su strukturni modeli iz područja borano-navlačnoga pojasa Himalaja (npr. LONG et al., 2011; ROBINSON & McQUARRIE, 2012), predgorja južnoameričkih Anda (npr. KLEY et al., 1999) te iz područja Apenina (npr. TAVARNELLI, 1997; CALABRO et al., 2003). Nadalje, proučeni su i eksperimentalni analogni modeli *thin-skinned* deformacija (npr. CALABRO et al., 2003; CAMANNI et al., 2014), *ramp and flat* geometrije (npr. BONINI et al., 2000; SAVAGE & COOKE 2003) te stvaranje kompresijskih *duplex* struktura (npr. CONTRERAS & SUTER, 1997; MITRA & SUSSMAN, 1997; ALLERTON, 1998; COUZENS-SCHULTZ et al., 2003; KIM et al., 2004; BURBERRY, 2015).

## 7. ZAKLJUČAK

Najvažniji ciljevi ovoga doktorskog rada bili su istražiti geološku građu Ćićarije metodom geološkog kartiranja u mjerilu 1:25.000 i rekonstruirati tektonske pokrete kojima će se objasniti kinematika nastanka geoloških struktura na istraživanom području provedbom detaljne strukturne analize prikupljenih terenskih podataka. U sklopu rješavanja geološke građe i tectogeneze istraživanoga područja središnjega dijela Ćićarije i rubnoga područja Pazinskoga flišnog bazena izrađena je nova detaljna geološka karta s izdvojenim litostratigrafskim jedinicama i definiranim njihovim međusobnim prostornim odnosima. Nova OGK ovoga područja izrađena je u mjerilu 1:50.000. Zbog toga je još uvijek neobjavljena nova OGK detaljnija od prethodne OGK SFRJ koja je izrađena u mjerilu 1:100.000. Osim toga, na novoj karti je korišten litostratigrafski pristup, za razliku od prethodne OGK SFRJ M 1:100.000 koja je temeljena na kronostratigrafskoj klasifikaciji. Ukupno je kartirano područje središnjega dijela masiva Ćićarije i rubnoga područja Pazinskoga flišnog bazena površine veće od 220 km<sup>2</sup>. Geološko kartiranje i izrada geološke karte su potvrdili već iz prethodnih istraživanja utvrđenu geološku, osobito tektonsku kompleksnost ovoga područja. Nova OGK M 1:50.000 s izdvojenim litostratigrafskim jedinicama bila je od ključne pomoći prilikom pojašnjenja geološke i strukturno-tektonske problematike istraživanoga područja.

Na geološkoj karti ukupno je izdvojeno i kartirano 13 neformalnih litostratigrafskih jedinica, od toga osam krednih jedinica raspona starosti od otriva do konijaka, tri paleogenske i dvije mlađe jedinice, pretpostavljeno kvartarne starosti. Novi doprinos je osobito vidljiv u detaljnijoj raščlambi jedinica kredne starosti te njihovom izdvajanju na geološkoj karti, što je omogućilo znatno bolji uvid u strukturne odnose na terenu. Upravo na temelju dobrog poznavanja litostratigrafskih jedinica, njihovoga međusobnog vertikalnoga i lateralnoga prostornog odnosa, odnosno samim time i izradom detaljnije geološke karte, dobivene su važne informacije o recentnom strukturnom sklopu istraživanoga područja. Osim toga, poznavanje litostratigrafskih jedinica koje izgrađuju istraživano područje nije samo osnova za geološko kartiranje u cilju izrade geološke karte, već je i jedan od glavnih segmenata multidisciplinarnoga pristupa u rješavanju paleogeografije, ali i tectogeneze prostora. Poteškoću prilikom prepoznavanja litostratigrafskih jedinica na cijelom istraživanom području mjestimice su predstavljale vrlo male litološke razlike između pojedinih izdvojenih litostratigrafskih jedinica, a stijene su i pretežito jako razlomljene i tektonizirane i prekrivene vegetacijom i tlom, tako da nigdje nema potpuno sačuvanih i otvorenih slijedova, odnosno potpuno očuvanog neporemećenog slijeda naslaga. Zbog toga, prilikom istraživanja za novu

OGK RH M 1:50.000 nije bilo moguće snimanje detaljnih geoloških stupova cijelih litostratigrafskih jedinica nego su one snimane samo segmentarno i dobiveni su podaci uspoređivani s istodobnim naslagama širega područja nekadašnje Jadranske karbonatne platforme. Tako su, zbog utvrđene sličnosti u slijedu naslaga, sve neformalne litostratigrafske jedinice istraživanoga područja nazvane prema tipskim jedinicama definiranim na drugim dijelovima nekadašnje Jadranske karbonatne platforme. Donjokredne jedinice su nazvane prema tipskim jedinicama izdvojenim na otoku Cresu, izuzev donjoaptskih naslaga litostratigrafske jedinice Kanfanar nazvane prema lokalitetu u zapadnoj Istri gdje je ta jedinica i izvorno opisana. Gornjokredne jedinice su nazvane prema tipskim lokalitetima otoka Brača, gdje su po prvi puta opisane i formalizirane. Paleogenske jedinice su nazvane po istodobnim naslagama širega područja već objavljenim na novim listovima OGK RH M 1:50.000.

Detaljnou analizom litostratigrafskih karakteristika proučavanih naslaga dobiveni su i podaci o sinsedimentacijskoj tektonici. Naime, sinsedimentacijska tektonska aktivnost koja je tijekom taloženja krednih naslaga bila kontinuirano prisutna za posljedicu ima manje litološke razlike u lateralnim razvojem pojedinih jedinica unutar istraživanoga područja, a isto tako i u usporedbi s razvojem odgovarajućih jedinica širega područja nekadašnje Jadranske karbonatne platforme. Najmlađe kredne naslage otkrivene tijekom ovoga istraživanja na području Ćićarije nisu mlade od konijaka, premda se u literaturi iz prethodnih istraživanja za najmlađu kedu na ovom području navodila i santonska starost.

Na temelju dobro utvrđenog vertikalnoga i lateralnoga slijeda naslaga pojedinih litostratigrafskih jedinica istraživanoga područja te usporedbe s istodobnim jedinicama širega područja Istre i drugih dijelova nekadašnje Jadranske karbonatne platforme, napravljena je detaljna rekonstrukcija paleogeografije područja današnje Ćićarije i zapadne Istre, što je uvelike pomoglo i pri rješavanju tektogeneze istraživanoga područja.

Na temelju nove OGK M 1:50.000 istraživanoga područja izrađeno je ukupno 11 geoloških profila poprečnih na pružanje glavnih struktura, s azimutom prema SI. Geološki profili prikazuju interpretaciju potpovršinskih odnosa na temelju površinskih podataka, ali su pritom nedostajali bušotinski (osim dvije razmjerno plitke bušotine bušene prilikom istraživanja za potrebe izrade projekta planiranoga željezničkog tunela kroz Ćićariju) i geofizički podaci, prvenstveno seizmički, koji bi uvelike pomogli pri konstrukciji dubinskih strukturalnih odnosa. Utvrđeno je da paleogenska ljuskava strukturalna jugozapadnoga dijela Ćićarije predstavlja tzv. *thin-skinned* deformaciju u čijem su nastanku sudjelovale samo paleogenske naslage koje su od svoje kredne podloge fizički odvojene plitkim regionalnim

dekolmanom koji tone prema SI pod vrlo blagim kutom. Kao naslage na kojima je nastao regionalni dekolman mogu se pretpostaviti naslage najnižega dijela paketa foraminiferskih vapnenaca paleogena, odnosno naslage miliolidnih vapnenaca koje sadrže bituminoznu komponentu i pogodne su za razvoj smične plohe. Paleogenska ljuskava struktura nastala je kao posljedica kompresije i navlačenja neposrednoga sjeveroistočnog zaleđa izgrađenog od kredno–paleogenih i krednih naslaga. Rezultat kompresije i kontrakcije prostora je navlačenje kredno–paleogenih i krednih naslaga na paleogensku ljuskavu strukturu JZ dijela, a osim navlačenja vjerojatno je prisutno i podvlačenje paleogenih naslaga pod kredno–paleogeni i kredni kompleks sjeveroistočnoga dijela. Navlačni kontakti kredno–paleogenih i krednih naslaga su mjestimice vrlo blagoga kuta, a tektonski transport im je u smjeru JZ. U području paleogenske ljuskave strukture ljuskanje paketa paleogenih naslaga se odvijalo po sustavu *ramp and flat* geometrije, pri čemu su kao dekolmanski horizont poslužile najčešće laporovite prijelazne naslage, a vrlo rijetko i lapori iz početnoga dijela flišnog slijeda.

I prilikom terenskih strukturnih istraživanja poteškoće su bile u tome što su pojedina područja, uglavnom upravo ona strukturno najkompleksnija, zbog okršenosti i pošumljenosti bila teško prohodna ili gotovo potpuno pokrivena. Prikupljeni terenski mjereni podaci strukturnih elemenata su obrađeni u računalnim programima za potrebe strukturne kinematske analize i rekonstrukcije nastanka pojedinih struktura. Na temelju izmjerenih rasjednih i smičnih ploha te kinematskih indikatora strukturnom analizom proračunate su orijentacije glavnih osi polja paleonaprezanja u kojem su izmjereni rasjedi i smične plohe nastali ili bili aktivni. Isto tako, proračunate orijentacije glavnih osi paleonaprezanja ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  i  $\sigma_3$ ) i dobiveni podaci korišteni su u interpretaciji razvoja polja paleonaprezanja u širem regionalnom području. Na istraživanom području se s obzirom na izmjerene strukturne podatke te izračunate kinematske parametre uočavaju generalno dva stila tektonike, odnosno dva tektonska ciklusa. Stariji, u ovom radu nazvan paleogeni tektonski ciklus je bio karakteriziran kompresijskim poljem naprezanja s P-osi dominantnoga pružanja sjeveroistok–jugozapad (SI–JZ) te istom orijentacijom najveće osi paleonaprezanja  $\sigma_1$ . Kao posljedicu svojega djelovanja ovaj tektonski ciklus je formirao strukture (npr. rasjede i osne plohe, odnosno osi bora) pružanja sjeverozapad–jugoistok (SZ–JI), tj. strukture dinaridskoga pružanja. Mlađi, neotektonski ciklus, je započeo najvjerojatnije tijekom neogena (mlađega miocena i/ili pliocena), a traje i danas. On se očituje u kompresijsko/transpresijskom polju naprezanja s P-osi pravca pružanja S(-SI)–J(-JZ). Posljedica te tektonike je nastanak novih struktura pružanja S(-SI)–J(-JZ), uz mjestimična odstupanja u pružanje SZ–JI, ali i strukturna reaktivacija starijih rasjeda dinaridskoga pružanja,



koji poprimaju horizontalan karakter pomaka. Navedeni podaci su usporedivi i u korelaciji s opisom tektonskih faza u širem području današnjih SZ Dinarida.

Istraživano područje je, s obzirom na različitosti u geološkoj građi i strukturnim karakteristikama, podijeljeno na šest manjih lokalnih strukturno-tektonskih jedinica. One su međusobno odvojene značajnijim reverznim i navlačnim rasjedima regionalnoga značenja. Svi granični rasjedi su radno imenovani prema važnijim toponimima, a isto tako imenovane su i veće, odnosno značajnije borane strukture unutar pojedinih strukturno-tektonskih jedinica. Za svaku od strukturno-tektonskih jedinica izrađeni su strukturni dijagrami (stereogrami) slojevitosti te pukotina i pukotinskih setova. Rasjedi unutar svake jedinice su prema karakteru kretanja podijeljeni na grupe. Svaka od grupa rasjeda je, ako je za to bilo potrebe, podijeljena na manje podgrupe s obzirom na sukladnost u orijentacijama rasjednih ploha (smjeru i kutu nagiba), ili prema kinematskoj kompatibilnosti ako se radi o rasjedima s horizontalnim pomakom (*strike-slip*). Za svaku od grupa i podgrupa rasjeda svake od strukturno-tektonskih jedinica izrađeni su stereogrami tragova ravnina rasjeda i sintetski žarišni mehanizmi s označenim poljima kompresije i tenzije, te stereogrami s izračunom glavnih osi paleonaprezanja ( $\sigma_1$ ,  $\sigma_2$  i  $\sigma_3$ ), odnosno kinematskih P–T osi. Za svaku izdvojenu strukturno-tektonsku jedinicu prikazana je i tablica s ukupnim brojem terenski mjerenih podataka za svaku grupu i podgrupu rasjeda te srednjim vrijednostima kinematskih parametara: orijentacije rasjednih ploha (smjera i kutova nagiba), kutova zakosa, orijentacija strija te kinematskih P i T osi.

S obzirom na današnje strukturne odnose i pružanje glavnih struktura istraživana područja masiva Ćićarije i rubnoga područja Pazinskoga flišnog bazena koje imaju uglavnom dinaridsko pružanje (SZ–II), kao i tektonski stil u kojem dominiraju reverzni i navlačni rasjedi istoga pružanja s tektonskim transportom u smjeru JZ, može se zaključiti da je sam postanak ovoga dijela današnjih SZ Dinarida uzrokovan regionalnim sažimanjem prostora uslijed djelovanja naprezanja kompresijskoga tipa po pravcu SI–JZ. Drugim riječima, za današnji je strukturni sklop najzaslužnija tektonika tijekom paleogenskoga tektonskog ciklusa te je konačno oblikovanje dinaridskih struktura ovoga područja vezano upravo za to razdoblje. To su potvrdili i podaci dobiveni strukturnom analizom koji podupiru takav zaključak jer je za većinu utvrđenih reverznih rasjeda u istraživanom području kinematska analiza polja naprezanja pokazala da su nastali, ili da su bili aktivni u kompresijskom polju pravca pružanja SI–JZ, odnosno tijekom izdizanja Dinarida.

Završno strukturno oblikovanje i formiranje današnjega strukturnog sklopa ovoga područja dogodilo se pod utjecajem neotektonike od vjerojatno mlađega miocena i pliocena do danas. Kompresijsko/transpresijsko naprezanje po pravcu generalno S–J je mjestimice dezintegriralo zatečene strukture i oblikovalo nove, pružanja poprečno na postojeće dinaridske strukture, ali približno paralelno najvećoj osi naprezanja  $\sigma_1$  koja je u tom razdoblju bila generalnoga pružanja S–J do SI–JZ. Kinematskom analizom polja naprezanja dobiveni su rezultati koji potvrđuju spomenutu orijentaciju najveće osi naprezanja  $\sigma_1$  odnosno kompresijsko/transpresijsko polje naprezanja s P-osi pružanja S(-SI)–J(-JZ). Neotektonska aktivnost se najviše očituje kroz reaktivaciju starijih dinaridskih rasjednih struktura koje poprimaju novi, uglavnom desni karakter kretanja. Očituje se i u nastanku novih rasjeda subvertikalnih ploha pružanja SSI–JJZ, rjeđe i pružanja SZ–JI, koji presijecaju starije rasjede dinaridskoga pružanja SZ–JI i uz njih se uglavnom ostvaruje desni subhorizontalni pomak među jedinicama, a tek znatno rjeđe i lijevi pomak. Osim toga, posljedice neotektonske aktivnosti se odražavaju i u vertikalnom izdizanju terena i formiranju današnje morfologije. Isto tako, u istraživanom području nisu utvrđena značajna strukturna preoblikovanja plikativnih struktura koja bi se odrazila u preboravanju starijih postojećih dinaridskih bora. Bore su uglavnom zadržale dinaridsko pružanje svojih b osi (SZ–JI), a djelovanje neotektonskoga naprezanja se mjestimice očituje u presijecanju i translataciji osi i krila bora, ali s razmjerno malim subhorizontalnim pomacima.

Provedenim istraživanjima u području središnjega dijela Ćićarije i rubnoga sjeveroistočnog dijela Pazinskoga flišnog bazena te dobivenim rezultatima definiran je recentni strukturni sklop. Interpretacijom strukturno-tektonskih odnosa kao i analizom paleogeografije ovoga područja kroz kredu i paleogen dan je doprinos saznanjima o tektogenezi današnjega strukturnog sklopa. Definiranje strukturnoga sklopa i tektogeneze moglo bi pomoći boljem razumijevanju geodinamske evolucije ovoga područja, što bi moglo olakšati i buduću izradu seizmotektonskoga modela kao osnove za procjenu geohazarda.

Istraživanja provedena u okviru ove disertacije osim prikupljenih mnogobrojnih podataka i dobivenih rezultata otvorila su i neka nova pitanja te ukazala na mogućnosti dodatnih istraživanja koja bi bila izuzetno važna za rješavanje tektogeneze i rekonstrukcije geodinamske evolucije širega područja sjeverozapadnoga dijela Dinarida. Jedno od otvorenih pitanja je poveznica područja Ćićarije dalje prema jugoistoku i masivu Učke. Temeljno pitanje odnosi se na geometriju struktura i nastanak područja Učke, odnosno je li Učka posljedica djelovanja istoga tektonskog događaja kojim je oblikovan istraživani prostor obilježen dinaridskim

pružanjem ili je njegova današnja slika posljedica dezintegracije tih struktura mlađim, neotektonskim pokretima. Na to pitanje bi se najvjerojatnije moglo odgovoriti detaljnim geološkim istraživanjima (uključujući i geološko kartiranje) područje kontakta Ćićarije i strukture Učke, područja u kojem dolazi do kolizije struktura i promjene u pružanju iz dinaridskoga pravca SZ–JI u približno pružanje S–J. Osim toga, potrebno je i strukturno obraditi sve međusobne odnose između litostratigrafskih jedinica u tom dijelu terena, a isto tako i obraditi sve postojeće borane i rasjedne strukture te pokušati rekonstruirati i shvatiti tektonske mehanizme kojima su nastale.

## 8. LITERATURA

- ALLERTON, S. (1998): Geometry and kinematics of vertical-axis rotations in fold and thrust belts).– *Tectonophysics*, 299, 15–30.
- ALLMENDINGER, R. W., CARDOZO, N., & FISHER, D. M. (2012): *Structural Geology Algorithms: Vectors & Tensors*.– Cambridge University Press, 289 str, Cambridge, England.
- ALJINOVIĆ, B. (1984): Najdublji seizmički horizonti sjeveroistočnog Jadrana.– *Disertacija*, 265 str., Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, Zagreb.
- ALJINOVIĆ, B. & BLAŠKOVIĆ, I. (1981): O plohi dubokih seizmičkih horizonata sjevernog Jadrana.– *Zbornik radova simp. „Kompleksna naftno-geološka problematika podmorja i priobalnih dijelova Jadranskog mora“*, Split (1981), 1, 363–380, Zagreb.
- ANDERSON, H. & JACKSON, J. (1987): Active tectonics of the Adriatic Region.– *Geophysics Journal*, 91, 937–983, Amsterdam.
- ANGELIER, J. & MECHLER P. (1977): Sur une méthode graphique de recherche des contraintes principales également utilisable en tectonique et en séismologie: La méthode des dièdres droits.– *Bull. Soc. Géol. France*, 19, 1309–1318. doi:10.2113/gssgfbull.S7-XIX.6.1309
- BIONDIĆ, B., BRAUN, K., VLAHOVIĆ, I., MLINAR, Ž., ANDRIĆ, M., BALEN, I., POLLAK, D., FUČEK, L., OŠTRIĆ, N., PRTOLJAN, B., ŠABAN, B., BLAGUS, Z., DUKARIĆ, F., BULJAN, R. & BIONDIĆ, R. (1995): Inženjerskogeološki model željezničkog tunela Čićarija.– U: VLAHOVIĆ, I., VELIĆ, I. & ŠPARICA, M. (ur.): *Zbornik radova 1 (Proceedings 1)*, 1. Hrv. geol. kongr., Opatija 18.–21.10.1995., 81–87, Zagreb.
- BLAŠKOVIĆ, I. (1969): Geološki odnosi središnjeg dijela Čićarije.– *Geol. vjesnik*, 22, 33–54, Zagreb.
- BLAŠKOVIĆ, I. (1998): The two stages of structural formation of the costal belt of the External Dinarides.– *Geol. Croatica*, 51/1, 75–89, Zagreb.

- BLAŠKOVIĆ, I. & ALJINOVIĆ, B. (1981): Mikrotektonski elementi kao osnova za model tektonske građe šireg područja Kvarnera.– Zbornik radova simp. „Kompleksna naftno-geološka problematika podmorja i priobalnih dijelova Jadranskog mora“, Split (1981), 1, 87–100, Zagreb.
- BLAŠKOVIĆ, I. & PRELOGOVIĆ, E. (1966): Nova nalazišta prominskih naslaga u sjevernoj Istri.– Geol. vjesnik, 19 (1965), 85–88, Zagreb.
- BONINI, M., SOKOUTIS, D., MULUGETA, G. & KATRIVANOS, E.: Modelling hanging wall accomodation above rigid thrust ramps.– Journal of Structural Geology, 22, 1165–1179.
- BOUMA, A.H. (1962): Sedimentology of some flysch deposits; a graphic approach to facies interpretation.– Elsevier, 168 str., Amsterdam.
- BRČIĆ, V (2015): Relativne promjene morske razine tijekom mlađe krede na sjeverozapadnom dijelu Jadranske karbonatne platforme.– Doktorska disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko-geološko-naftni fakultet, 229 str., Zagreb.
- BRČIĆ, V., GLUMAC, B., FUČEK, L., GRIZELJ, A., HORVAT, M., POSILOVIĆ, H. & MIŠUR, I. (2017): The Cenomanian–Turonian boundary in the northwestern part of the Adriatic Carbonate Platform (Ćićarija Mtn., Istria, Croatia): characteristics and implications.– Facies, 63:17. doi: 10.1007/s10347-017-0499-7
- BRČIĆ, V., KORBAR, T., FUČEK, L., PALENIK, D., BELIĆ, N. & WACHA, L. (2019): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske NP Kornati M 1:50 000.– Hrvatski geološki institut (Zavod za geologiju), 1 list, Zagreb.
- BURBERRY, C.M. (2015): Spatial and temporal variation in penetrative strain during compression: Insights from analog models.– Lithosphere, 7/6, 611–624. doi: 10.1130/L454.1
- CALABRO, R.A., CORRADO, S., DI BUCCI, D., ROBUSTINI, P. & TORNAGHI, M. (2003): Thin-skinned vs. thick-skinned tectonics in the Matese Massif, Central-Southern Apennines (Italy).– Tectonophysics, 377, 269–297.
- CAMANNI, G., CHEN, C.-H., BROWN, D., ALVAREZ-MARRON, J., WU, Y.-M., CHEN H.-A., HUANG, H.-H., CHU, H.-T., CHEN, M.-M. & CHANG, C.-H. (2014): Basin inversion in central Taiwan and its importance for seismic hazard.– Geology, 42/2, 147–150. doi: 10.1130/G35102.1

- CARDOZO, N. & ALLMENDINGER, R. W. (2013): Spherical projections with OSXStereonet.– *Computers & Geosciences*, 51, 193–205. [https://doi:10.1016/j.cageo.2012.07.021](https://doi.org/10.1016/j.cageo.2012.07.021)
- CARULLI, G.B., NICOLICH, R., REBEZ, A. & SLEJKO, D. (1990): Seismotectonics of the Northwest External Dinarides.– *Tectonophysics*, 179, 11–25.
- CONTRERAS, J. & SUTER, M. (1997): A kinematic model for the formation of duplex systems with a perfectly planar roof thrust.– *Journal of Structural Geology*, 19, 269–278.
- COUZENS-SCHULTZ, B.A., VENDEVILLE, B.C. & WILTSCHKO, D.V. (2003): Duplex style and triangle zone formation: insights from physical modeling.– *Journal of Structural Geology*, 25, 1623–1644.
- CVETKO TEŠOVIĆ, B., MARTINUŠ, M., GOLEC, I. & VLAHOVIĆ, I. (2020): Lithostratigraphy and biostratigraphy of the uppermost Cretaceous to lowermost Palaeogene shallow-marine succession: top of the Adriatic Carbonate Platform at the Likva Cove section (island of Brač, Croatia).– *Cretaceous Research*, In Press, Available online 21 May 2020. <https://doi.org/10.1016/j.cretres.2020.104507>
- ĆOSOVIĆ, V. & DROBNE, K. (1995): Paleoecological significance of morphology of orthophragminids from the Istrian Peninsula (Croatia and Slovenia).– *Geobios*, 18, 93–99.
- ĆOSOVIĆ, V., BALONČIĆ, D., KOIĆ, M., MARJANAC, T., MORO, A., GUŠIĆ, I. & JELASKA, V. (1994): Paleontological evidence of Paleogene transgression on Adriatic carbonate platform.– *Géologie Méditerranéenne*, XXI/3–4, 49–53.
- ĆOSOVIĆ, V., DROBNE, K. & MORO, A. (2004): Paleoenvironmental model for Eocene foraminiferal limestones of the Adriatic carbonate platform (Istrian Peninsula).– *Facies*, 50, 61–75. doi: 10.1007/s10347-004-0006-9
- D'AMBROSI, C. (1939): *Richerche sullo sviluppo tettonico e morfologico dell'Istria e sulle probabili relazioni tra l'attività sismica e la persistente tendenza all'corrugamento della regione.*– *Boll. Soc. Adriat. Sci. Nat.*, 37, 33–74, Trieste.
- DAVIS, G.H. & REYNOLDS, S.J. (1996): *Structural Geology of Rocks and Regions.*– John Wiley & Sons, Inc. 776 str., New York.
- DEL BEN, A., FINETTI, I. REBEZ, A. & SLEJKO, D. (1991): Seismicity and Seismotectonics at the Alps–Dinarides Contact.– *Boll. Geof. Teor. Appl.*, 23, 155–176, Trieste.

- DELVAUX, D. (2012): Release of program Win-Tensor 4.0 for tectonic stress inversion: statistical expression of stress parameters.– Geophysical Research Abstracts, 14, EGU2012-5899, EGU General Assembly 2012.
- DELVAUX, D. & SPERNER, B. (2003): New aspects of tectonic stress inversion with reference to the TENSOR program.– U: NIEUWLAND, D. (ur.): New Insights into Structural Interpretation and Modelling, Geological Society, London, Special Publications, 212, 75–100.
- DIMITRIJEVIĆ, M.D. (1982): Dinarides: An outline of the Tectonics.– Earth evol. sci., 2/1, 4–23, Wiesbaden.
- DROBNE, K., VLAHOVIĆ, I., TRUTIN, M., PAVLOVEC, R., ČOSOVIĆ, V., BABAC, D., CIMERMAN, F., LUČIĆ, D. & PAVŠIČ, J. (1991): Excursion B – Ravni Kotari, Paleogene.– U: VLAHOVIĆ, I. & VELIĆ, I. (ur.): Some Aspects of the Shallow Water Sedimentation on the Adriatic Carbonate Platform (Permian to Eocene), Excursion Guide–Book, The second international symposium on the Adriatic carbonate platform – relations with adjacent regions, 51–105, Zagreb.
- DURN, G. (2003): Terra rossa in the Mediterranean region: Parent materials, composition and origin.– Geologia Croatica, 56/1, 83–100, Zagreb.
- DURN, G., OTTNER, F., & SLOVENEK, D. (1999): Mineralogical and geochemical indicators of the polygenetic nature of terra rossa in Istria, Croatia.– Geoderma, 91/1–2, 125–150.
- DURN, G., ALJINOVIĆ, D., CRNJAKOVIĆ, M. & LUGOVIĆ, B. (2007): Heavy and light mineral fractions indicate polygenesis of extensive terra rossa soils in Istria, Croatia.– U: MANGE, M. & WRIGHT, D. (ur.): Heavy Minerals in Use, Developments in Sedimentology 58, Elsevier, 701–737, Amsterdam.
- FMS-Database (2019): Database of Focal Mechanism Solutions.– Archives of the Department of Geophysics, Faculty of Science, University of Zagreb.
- FOSSEN, H. (2010): Structural Geology.– Cambridge University Press, first edition (August 23, 2010), 480 str.

- FUČEK, L., VELIĆ, I., VLAHOVIĆ, I., OŠTRIĆ, N., KOROLIJA, B. & MATIČEC, D. (1995): Novi podaci o stratigrafiji donje krede otoka Cresa.– U: VLAHOVIĆ, I., VELIĆ, I. & ŠPARICA, M. (ur.): Zbornik radova 1 (Proceedings 1), 1. Hrv. geol. kongr., Opatija 18.–21.10.1995., 167–172, Zagreb.
- FUČEK, L., MATIČEC, D., VLAHOVIĆ, I., OŠTRIĆ, N., PRTOLJAN, B., KORBAR, T. & HUSINEC, A. (2012): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske M 1:50 000 – list Cres 2.– Hrvatski geološki institut (Zavod za geologiju), 1 list, Zagreb. ISBN: 978- 953-6907-26-7
- FUČEK, L., MATIČEC, D., VLAHOVIĆ, I., OŠTRIĆ, N., PRTOLJAN, B., KORBAR, T., HUSINEC, A. & PALENIK, D. (2014): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske M 1:50 000 – list Cres 4.– Hrvatski geološki institut (Zavod za geologiju), 1 list, Zagreb. ISBN: 978-953-6907-29-8
- FUČEK, L., MATIČEC, D., VLAHOVIĆ, I., OŠTRIĆ, N., PRTOLJAN, B., KOROLIJA, B., KORBAR, T., HUSINEC, A. & PALENIK, D. (2015): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske M 1:50 000 – list Cres i Lošinj.– Hrvatski geološki institut (Zavod za geologiju), 1 list, Zagreb. ISBN: 978-953-6907-53-3
- FUČEK, L., JELASKA, V., PRTOLJAN, B., KOROLIJA, B., OŠTRIĆ, N. & GUŠIĆ, I. (2016): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske M 1:50 000 – list Dugi otok.– Hrvatski geološki institut (Zavod za geologiju), 1 list, Zagreb. ISBN: 978-953-6907-58-8
- FUČEK, L., KORBAR, T., PALENIK, D. & MATIČEC, D. (2018): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske M 1:50 000 – list Silba 1.– Hrvatski geološki institut (Zavod za geologiju), 1 list, Zagreb. ISBN: 978-953-6907-69-4
- GRGASOVIĆ, T. & SOKAČ, B. (2003): Dasycladales in the stratigraphy of the Croatian Dinarides Mts.– U: BRAGA, J.C. & AGUIRRE, J. (ur.): 8th International Symposium on Fossil Algae, Abstracts, Granada, 27–28.
- GRUNTHAL, G. & STROMAYER, D. (1986): Stress pattern in Central Europe and adjacent area.– Gerlands Beitr. Geophysik, 95/5, 443–452, Leipzig.
- GUŠIĆ, I. & JELASKA, V. (1990): Stratigrafija gornjokrednih naslaga otoka Brača u okviru geodinamske evolucije Jadranske karbonatne platforme.– Jugosl. akad. znan. i umjet., Inst. za geol. istraž., OOUR za geologiju, 160 str., Zagreb.



- GUŠIĆ, I. & JELASKA, V. (1993): Upper Cenomanian–Lower Turonian sea-level rise and its consequences on the Adriatic–Dinaric carbonate platform.– *Geol. Rundsch.*, 82, 676–686, Stuttgart.
- HALLAM, A., (1992): *Phanerozoic Sea-level Changes*.– Columbia University Press, New York, 266 str.
- HARDENBOL, J., THIERRY, J., FARLEY, M.B., JACQUIN, T., DE GRACIANSKY, P.C. & VAIL, P. (1998): Mesozoic and Cenozoic sequence chronostratigraphic framework of European basins.– U: Graciansky, P.C. et al. (ur.): *Mesozoic and Cenozoic Sequence Stratigraphy of European Basins*, SEPM Special Pub. 60, 3–13, karte 1–8.
- HAQ, B.U., HARDENBOL, J. & VAIL, P. R. (1987): Chronology of fluctuating sea levels since the Triassic.– *Science*, 235, 1156–1167.
- HAQ, B.U., HARDENBOL, J. & VAIL, P.R. (1988): Mesozoic and Cenozoic chronostratigraphy and cycles of sea-level change.– U: WILGUS, C.K., HASTINGS, B.S., KENDALL, C.G.St.C., POSAMENTIER, H.W., ROSS, C.A. & VAN WAGONER, J.C. (ur.): *Sea-level Changes: An Integrated Approach*, , Spec. Publ. Soc. Econ. Paleont. Miner., 42, 71–108.
- HAUER, F. (1868): *Geologische Übersichtskarte der Österreichischen Monarchie*.– Blatt 6, östliche Alpenländer, *Jahrb. Geol. Reichsanst.*, 18, Wien.
- HERAK, M. (1985): O odnosu jadranskih i dinarskih struktura.– *Razprave SAZU IV razr.*, 26, Ljubljana.
- HERAK, M. (1986): A new concept of geotectonics of the Dinarides.– *Acta geol.*, 16/1, (Prirodoslov. istraž. 53), 1–42, Zagreb.
- HERAK, M. (1989): Relationship between Adriatic and Dinaric platforms.– *Mem. Soc. geol. It.*, 40 (1987), 289–293, Roma.
- HERAK, M. (1991): Dinaridi: mobilistički osvrt na genezu i strukturu.– *Acta geol.*, 21/2, (Prirodoslov. istraž. 63) 35–117, Zagreb.
- HERAK, M. (1995): Konceptijski doseg geologije Hrvatske.– U: VLAHOVIĆ, I., VELIĆ, I. & ŠPARICA, M. (ur.): *Zbornik radova 1 (Proceedings 1)*, 1. Hrv. geol. kongr., Opatija 18.–21.10.1995., 25–33, Zagreb.

- HERAK, M., HERAK, D. & MARKUŠIĆ, S. (1996): Revision of the earthquake catalogue and seismicity of Croatia, 1908–1992.– *Terra Nova*, 8, 86–94.
- HERAK, D., SOVIĆ, I., CECIĆ, I., ŽIVČIĆ, M., DASOVIĆ, I. & HERAK, M. (2017): Historical seismicity of the Rijeka region (Northwest External Dinarides, Croatia) –Part I: Earthquakes of 1750, 1838, and 1904 in the Bakar epicentral area.– *Seismological Research Letters*, 88/4, 1–12. doi: 10.1785/0220170014
- HERAK, M., ŽIVČIĆ, M., SOVIĆ, I., CECIĆ, I., DASOVIĆ, I., STIPČEVIĆ, J. & HERAK, D. (2018): Historical seismicity of the Rijeka region (NW External Dinarides, Croatia) – Part II: The Klana earthquakes of 1870.– *Seismological Research Letters*, 89/4, 1524–1536. doi:10.1785/0220180064
- HUSINEC, A., PRTOLJAN, B., FUČEK, L., OŠTRIĆ, N. & KORBAR, T. (2016): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske M 1:50 000 – list Otok Mljet.– Hrvatski geološki institut (Zavod za geologiju), 1 list, Zagreb. ISBN: 978-953-6907-57-1
- JELASKA, V., GUŠIĆ, I., JURKOVŠEK, B., OGORELEC, B., ČOSOVIĆ, V., ŠRIBAR, L. & TOMAN, M. (1994): The Upper Cretaceous geodynamic evolution of the Adriatic Carbonate Platform(s).– *Geol. Mediterr.*, XXI/3-4, 89–91.
- JEŽ, J., OTONIČAR, B., FUČEK, L. & OGORELEC, B. (2011): Late Cretaceous sedimentary evolution of a northern sector of the Adriatic Carbonate Platform (Matarsko Podolje, SW Slovenia).– *Facies*, 57, 447–468. doi: 10.1007/s10347-010-0249-6
- JURAČIĆ, M. (1980): Depth of sedimentation of “Marls with Crabs” estimated from the ratio between planktonic and benthic Foraminifera.– *Geol. vjesnik*, 31 (1979), 61–67, Zagreb.
- JURKOVŠEK, B. (2008): Geološka karta severnega dela Tržaško–komenske planote 1:25.000 (Geological Map of the Northern part of the Trieste–Komen Plateau) 1:25.000.– Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.
- JURKOVŠEK, B. (2010): Geološka karta severnega dela Tržaško–komenske planote 1:25.000, Tolmač (Geological Map of the Northern part of the Trieste–Komen Plateau 1:25.000, Explanatory Book).– Geološki zavod Slovenije, 72 str., Ljubljana.
- JURKOVŠEK, B. (2013): Geološka karta Krasa 1:100.000 (Geological Map of Kras (Slovenia) 1:100.000).– Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.

- JURKOVŠEK, B., TOMAN, M., OGORELEC, B., ŠRIBAR, L., ŠRIBAR, Lj, POLJAK, M. & DROBNE, K. (1996): Formacijska geološka karta južnega dela Tržaško–komenske planote 1:50.000: kredne in paleogenske karbonatne kamnine (Geological map of the southern part of the Trieste–Komen Plateau 1:50.000: Cretaceous and Paleogene carbonate rocks).– Inštitut za geologijo, geotehniko in geofiziko, 143 str., Ljubljana.
- JURKOVŠEK, B., CVETKO TEŠOVIĆ, B. & KOLAR-JURKOVŠEK, T. (2013): Geologija Krasa (Geology of Kras).– Monografija, 205 str., Geološki zavod Slovenije, Ljubljana.
- KIM, Y.-S., PEACOCK, D.C.P. & SANDERSON, D.J. (2004): Fault damage zones.– *Journal of Structural Geology*, 26, 503–517. doi: 10.1016/j.jsg.2003.08.002
- KLEY, J., MONALDI, C.R. & SALFITY, J.A. (1999): Along-strike segmentation of the Andean foreland: causes and consequences.– *Tectonophysics*, 301/1–2, 75–94. doi: 10.1016/S0040-1951(98)90223-2
- KOIĆ, M. (2000): Geodinamički razvoj naslaga srednje krede zapadne Hrvatske.– Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, 211 str., Zagreb.
- KORBAR, T. (2009): Orogenic evolution of the External Dinarides in the NE Adriatic region: a model constrained by tectonostratigraphy of Upper Cretaceous to Paleogene carbonates.– *Earth-Science Reviews*, 96/4, 296–312. doi: 10.1016/j.earscirev.2009.07.004
- KORBAR, T., AVANIĆ, R., BAKRAČ, K., BELAK, M., BERGANT, S., BRČIĆ, V., BRLEK, M., FUČEK, L., GRGASOVIĆ, T., GRIZELJ, A., HALAMIĆ, J. HEĆIMOVIĆ, I., HORVAT, M., JAMIČIĆ, D., KOCH, G., MATIČEC, D., OŠTRIĆ, N., PALENIK, D., SLOVENEK, D. & ŠORŠA, A. (2012a): Upute za izradu Osnovne geološke karte Republike Hrvatske M 1:50 000.– priručnik, Hrvatski geološki institut, 131 str., Zagreb.
- KORBAR, T., BELAK, M., FUČEK, L., HUSINEC, A., OŠTRIĆ, N., PALENIK, D. & VLAHOVIĆ, I. (2012b): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske mjerila 1:50 000 – list Vis 3 i Biševo 1.– Hrvatski geološki institut (Zavod za geologiju), 1 list, Zagreb. ISBN: 978-953-6907-27-4
- KORBAR, T., FUČEK, L., BRČIĆ, V. & PALENIK, D. (2017): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske M 1:50 000 – list Šolta, Čiovo, Drvenik.– Hrvatski geološki institut (Zavod za geologiju), 1 list, Zagreb. ISBN: 978-953-6907-59-5

- KOŠČEC, B. (1986): Primjena daljinskih metoda u naftnogeološkim istraživanjima Istre i podmorja sjeveroistočnog Jadrana.– Disertacija, Rudarsko-geološki fakultet Univerziteta u Beogradu, Beograd.
- KREBS, N. (1907): Die Halbinsel istrien: landeskundliche Studie.– B.G. Teubner Verlag, Wien.
- LAWRENCE, S.R., TARI-KOVAČIĆ, V. & GJUKIĆ, B. (1995): Geological evolution model of Dinarides.– *Nafta*, 46/2, 103–113, Zagreb.
- LONG, S., MCQUARRIE, N., TOBGAY, T. & GRUJIC, D. (2011): Geometry and crustal shortening of the Himalayan fold-thrust belt, eastern and central Bhutan.– *GSA Bulletin*, 123/7–8, 1427–1447. doi:10.1130/B30203.1
- MALEZ, M. (1954): Speleološka istraživanja na području Ćićarije u Istri.– *Ljetopis Jugosl. akad. znan. umjet.*, 59, 100–106, Zagreb.
- MALEZ, M. (1955): Speleološka istraživanja Učke i Ćićarije u Istri.– I Jugoslav. geol. kongres, Postojna, 55–67, Ljubljana.
- MALEZ, M. (1960): Pećine Ćićarije i Učke u Istri.– *Prirodoslov. istraživanja*, 29, *Acta geologica II*, 162–256, JAZU, Zagreb.
- MARINČIĆ, S. & MATIČEC, D. (1988): Žljebasti tektoglifi.– *Geol. vjesnik*, 41, 219–229, Zagreb.
- MARINČIĆ, S. & MATIČEC, D. (1989): Kolapsne strukture u boksitnim jamama Istre.– *Geol. vjesnik*, 42, 121–131, Zagreb.
- MARINČIĆ, S. & MATIČEC, D. (1990): Kinematika neotektonskih deformacija na području srednjeg toka rijeke Neretve.– *Geol. vjesnik*, 43, 53–58, Zagreb.
- MARINČIĆ, S. & MATIČEC, D. (1991): Tektonika i kinematika deformacija na primjeru Istre.– *Geol. vjesnik*, 44, 257–268, Zagreb.
- MARKUŠIĆ, S. & HERAK, M. (1999): Seismic zoning of Croatia.– *Natural Hazards*, 18, 269–285.
- MARRETT, R.A. & ALLMENDINGER, R.W. (1990): Kinematic analysis of fault-slip data.– *Journal of Structural Geology*, 12, 973–986.
- MATIČEC, D. (1989): Strukturni sklop područja Rovinj–Poreč (zapadna Istra).– Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, 50 str., Zagreb.

- MATIČEC, D. (1994): Neotectonic deformations in Western Istria, Croatia.– *Geol. Croatica*, 47/2, 199–204, Zagreb.
- MATIČEC, D. (1998): Analiza strukturnog sklopa Učke.– Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, 135 str., Zagreb.
- MATIČEC, D., VLAHOVIĆ, I., VELIĆ, I. & TIŠLJAR, J. (1996): Eocene limestones overlying Lower Cretaceous deposits of Western Istria (Croatia): Did some parts of present Istria form land during the Cretaceous?– *Geologia Croatica*, 49/1, 117–127, Zagreb.
- MATIČEC, D., VELIĆ, I., TIŠLJAR, J., VLAHOVIĆ, I., MARINČIĆ, S. & FUČEK, L. (2015): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske M 1:50 000 – list Rovinj 3.– Hrvatski geološki institut (Zavod za geologiju), 1 list, Zagreb, ISBN: 978-953-6907-26-7
- MATIČEC, D., BERGANT, S., FUČEK, L., PALENIK, D., KORBAR, T., VLAHOVIĆ, I., ŠPARICA, M., KOCH, G., PRTOĽJAN, B., GALOVIĆ, I., VELIĆ, I. & TIŠLJAR, J. (2017): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske M 1:50 000 – list Rovinj 1.– Hrvatski geološki institut (Zavod za geologiju), 1 list, Zagreb, ISBN: 978-953-6907-56-4
- MIHLJEVIĆ, D. (1995): Geomorfološke značajke gorskog hrpta Učke, gorske skupine Ćićarije i istarskog pogrđa.– Disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet, Geografski odjel, 377 str., Zagreb.
- MIHLJEVIĆ, D. & PRELOGOVIĆ, E. (1992): Structural-geomorphological characteristics of the mountain ranges Učka i Ćićarija.– *Proceedings of the International Symposium: Geomorphology and Sea*, Mali Lošinj, 13–24, Zagreb.
- MILLER, K.G., KOMINZ, M., BROWNING, J.V., WRIGHT, J.D., MOUNTAIN, G.S., KATZ, M.E., SUGARMAN, P.J., CRAMER, B. S., CHRISTIE-BLICK, N. & PEKAR, S.F. (2005): The Phanerozoic Record of Global Sea-Level Change.– *Science*, 310(5752), 1293-8A. doi: 10.1126/science.1116412
- MILLER, K., MOUNTAIN, G., WRIGHT, J., & BROWNING, J. (2011): A 180-Million-Year Record of Sea Level and Ice Volume Variations from Continental Margin and Deep-Sea Isotopic Records.– *Oceanography*, 24(2), 40–53. doi: 10.5670/oceanog.2011.26

- MITRA, G. & SUSSMAN, A.J. (1997): Structural evolution of connecting splay duplexes and their implications for critical taper: an example based on geometry and kinematics of the Canyon Range culmination, Sevier Belt, central Utah.– *Journal of Structural Geology*, 19, 503–521.
- ORTNER, H., REITER, F. & ACS, P. (2002): Easy handling of tectonic data: The programs TectonicVB for Mac and TectonicsFP for Windows™.– *Computers and Geosciences*, 28, 1193–1200.
- OŠTRIĆ, N., JELASKA, V., FUČEK, L., PRTOLJAN, B., KOROLIJA, B., GUŠIĆ, I., MARINČIĆ, S., ŠPARICA, M., KORBAR, T. & HUSINEC, A. (2015): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske M 1:50 000 – list Otok Hvar.– Hrvatski geološki institut (Zavod za geologiju), 1 list, Zagreb, ISBN: 978-953-6907-49-6
- PALENIK, D. (2005): Strukturni sklop otoka Visa.– Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, 122 str., Zagreb.
- PALENIK, D., MATIČEC, D., FUČEK, L., MATOŠ, B., HERAK, M. & VLAHOVIĆ, I. (2019): Geological and structural setting of the Vinodol Valley (NW Adriatic, Croatia): insights into its tectonic evolution based on structural investigations.– *Geologia Croatica*, 72/3, 179–193. doi: 10.4154/gc.2019.13
- PAMIĆ, J., GUŠIĆ, I. & JELASKA, V. (1998): Geodynamic evolution of the Central Dinarides.– *Tectonophysics*, 297, 251–268.
- PICCOLI, G. (1975): Studio aerogeologico strutturale del Carso Goriziano – Triestino della Slovenia occidentale e dell' Istria.– *Cons. Nazion. d. Ricerche*, 3–38 (posebno izdanje), Padova.
- PLACER, L., KOŠIR, A., POPIT, T., ŠMUC, A. & JUVAN, G. (2004): The Buzet Thrust Fault in Istria and overturned carbonate megabeds in the Eocene flysch of the Dragonja Valley (Slovenia).– *Geologija*, 47/2, 193–198, Ljubljana.
- PLACER, L., VRABEC, M. & CELARC, B. (2010): The bases for understanding of the NW Dinarides and Istria Peninsula tectonics.– *Geologija*, 53/1, 55–86, Ljubljana.
- PLENIČAR, M. (1960): Stratigrafski razvoj krednih plasti na južnem Primorskem in Notranjskem.– *Geologija*, 6, Ljubljana.

- PLENIČAR, M., POLŠAK, A. & ŠIKIĆ, D. (1969): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Trst, L33-88.– Inst. geol. istraž. Zagreb, Geol. zavod Ljubljana (1951–1964), Sav. geol. zavod, Beograd.
- PLENIČAR, M., POLŠAK, A. & ŠIKIĆ, D. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Trst, L33-88.– Inst. geol. istraž. Zagreb, Geol. zavod Ljubljana (1965), Sav. geol. zavod, Beograd.
- PRELOGOVIĆ, E., KUK, V., JAMIČIĆ, D., ALJINOVIĆ, B. & MARIĆ, K. (1995): Seizmotektonska aktivnost Kvarnerskog područja.– U: VLAHOVIĆ, I., VELIĆ, I. & ŠPARICA, M. (ur.): Zbornik radova 2 (Proceedings 2), 1. Hrv. geol. kongr., Opatija 18.– 21.10.1995., 487–490, Zagreb.
- PRTOĽJAN, B., OŠTRIĆ, N., FUČEK, L., MIKNIĆ, M. & VLAHOVIĆ, I. (1995): Strukturni i paleomorfološki uvjeti postanka sintektonskih breća na Ćićariji.– U: VLAHOVIĆ, I., VELIĆ, I. & ŠPARICA, M. (ur.): Zbornik radova 2 (Proceedings 2), 1. Hrv. geol. kongr., Opatija 18.–21.10.1995., 499–504, Zagreb.
- ROBINSON, D.M. & McQUARRIE, N. (2012): Pulsed deformation and variable slip rates within the central Himalayan thrust belt.– *Lithosphere*, 4/5, 449–464. doi: 10.1130/L204.1.
- SACCO, F. (1924a): Shema geologico dell'Istria, 1:200.000.– *L'Universo*, 5, 183–220, Firenze.
- SACCO, F. (1924b): L'Istria, Cenni geologici generali.– *Mem. Descr. carta geol. Italia*, 19, Mondovi.
- SALOPEK, M. (1954a): Geološka građa jugoistočne Ćićarije i područja Učke.– *Ljetopis Jugosl. akad. znan. umjet.*, 59, 113–117, Zagreb.
- SALOPEK, M. (1954b): Geološka karta sjeverozapadne Ćićarije i gornjeg toka doline Mirne u Istri.– *Ljetopis Jugosl. akad. znan. umjet.*, 59, 118–121, Zagreb.
- SALOPEK, M. (1954c): Osnovne crte geologije Ćićarije i Učke.– *Prirodoslov. istraž. Jugosl. akad. znan. umjet.*, 26, 59–98, Zagreb.
- SALOPEK, M. (1956a): Geološka građa i struktura južnog dijela Labinskog bazena.– *Prirodoslov. istraživanja*, 27, 9–27, Zagreb.
- SALOPEK, M. (1956b): O geološkoj građi šire okolice Šapjana, Klane i Rijeke.– *Prirodoslov. istraživanja*, 27, 155–173, Zagreb.

- SALVADOR, A. (1994): International Stratigraphic Guide. A guide to stratigraphic classification, terminology, and procedure.– 2 izd., The International Union of Geological Sciences and The Geological Society of America, Boulder, 214 str.
- SAVAGE, H.M. & COOKE, M.L. (2003): Can flat-ramp-flat fault geometry be inferred from fold shape? A comparison of kinematic and mechanical folds.– *Journal of Structural Geology*, 25, 2023–2034.
- SCHMID, S.M., BERNOULLI, D., FÜGENSCHUH, B., MAṬENCO, L., SCHEFER, S., SCHUSTER, R., TISCHLER, M. & USTASZEWSKI, K. (2008): The Alpine-Carpathian-Dinaridic orogenic system: correlation and evolution of tectonic units.– *Swiss J. Geosci.*, 101, 139–183. <https://doi.org/10.1007/s00015-008-1247-3>
- SCHMID, S.M., KISSLING, E., DIEHL, T., VAN HINSBERGEN, D.J.J. & MOLLI, G. (2017): Ivrea mantle wedge, arc of the Western Alps, and kinematic evolution of the Alps–Apennines orogenic system.– *Swiss J. Geosci.*, 110, 581–612. <https://doi.org/10.1007/s00015-016-0237-0>
- SCHMID, S.M., FÜGENSCHUH, B., KOUNOV, A., MATENCO, L., NIEVERGELT, P., OBERHÄNSLI, R., PLEUGER, J., SCHEFER, S., SCHUSTER, R., TOMLJENOVIĆ, B., USTASZEWSKI, K. & VAN HINSBERGEN, D.J.J. (2020): Tectonic units of the Alpine collision zone between Eastern Alps and western Turkey.– *Gondwana Research*, 78, 308–374. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2019.07.005>
- SCHUBERT, R.J. (1902): Über einige bivalven des Istrodalmatinischen Rudistenkalkes. I. *Vola lapparenti* Choff. und *Chondrodonta joannae* Munsoni.– *Jahrb. Geol. Reichsanst.*, 52/2, 265–276, Wien.
- SCHUBERT, R.J. (1904): Mitteleozäne globigerinenmergel von Albona (Istrien).– *Verh. Geol. Reichsanst.*, 15, 336–339, Wien.
- SCHUBERT, R.J. (1905): Zur Stratigraphie des Istrisch-Norddalmatischen Mitteleozäns.– *Jahrb. Geol. Reichsanst.*, 55, 153–188, Wien.
- SCHUBERT, R.J. (1912): Geologischer führer durch die Nördliche Adria.– *Sammlung geol. Führer*, 17, 213 str., Gebrüder Borntrageer Verlag, Berlin.
- SIKOŠEK, B. (1958): Tektonski sklop jugoslovenskih južnih Alpa.– *Zbornik radova Geol. inst. „Jovan Žujović“*, 10, 247–266, Beograd.



- SIKOŠEK, B. (1967): Geotektonska rejonizacija Dinarida.– 8. kogr. Karp.-balk. geol. asocij., Vodič ekscurzije geol. problemi Dinarida, 46–48, Beograd.
- SIKOŠEK, B. & MEDWENITSCH, W. (1965): Neue Daten zur Fazies und tektonik der Dinariden.– Verh. Geol. Bundesanst., Sonderheft G, 86–102, Wien.
- ŠRODOŃ, J., ANCZKIEWICZ, A.A., DUNKL, I., VLAHOVIĆ, I., VELIĆ, I., TOMLJENIĆ, B., KAWIAK, T., BANAS, M. & VON EYNATTEN, H. (2018): Thermal history of the central part of the Karst Dinarides, Croatia: combined application of clay mineralogy and low-T thermochronology.– *Tectonophysics*, 744, 155–176. doi: 10.1016/j.tecto.2018.06.016
- STACHE, G. (1859): Die Eozängebiete in Inner-Krain und Istrien.– *Jahrb. Geol. Reichsanst.*, 10/2, 272–332, Wien.
- STACHE, G. (1864): Die Eozängebiete in Inner-Krain und Istrien II.– *Jahrb. Geol. Reichsanst.*, 14/1, 11–115, Wien.
- STACHE, G. (1872): Ueber die Verbreitung der Characeen in den Cosina-Schichten von Istrien und Dalmatien.– *Verh. Geol. Reichsanst.*, 6, 115–117, Wien.
- STACHE, G. (1880): Die Liburnische Stufe.– *Verh. Geol. Reichsanst.*, 12, 195–209, Wien.
- STACHE, G. (1889): Die Liburnische Stufe und deren Grenz-Horizonte. Eine Studie über die Schichtenfolgen der Cretacisch-Eocänen oder Protocänen Landbildungsperiode im Bereiche der Küstenländer von Österreich-Ungarn.– *Abh. Geol. Reichsanst.*, 13, 1–170, Wien.
- ŠIKIĆ, D. (1951/53): O mogućnosti nalaska novih produktivnih ugljenonosnih naslaga u Pazinskom bazenu Istre.– *Geol. vjesnik*, 5–7, 229–254, Zagreb.
- ŠIKIĆ, D. (1965): Geologija područja s paleogenskim naslagama Istre, Hrvatskog Primorja i Dalmacije.– *Disertacija, Prirodoslovno-matematički fakultet*, 132 str., Zagreb.
- ŠIKIĆ, D. (1969): O razvoju paleogena i lutetskim pokretima u sjevernoj Dalmaciji.– *Geol. vjesnik*, 22, 309–331, Zagreb.
- ŠIKIĆ, D. & BLAŠKOVIĆ, I. (1965): Naslage donje krede u Učki, Čićariji i Hrvatskom primorju.– *JAZU, Acta geol.*, 5, 353–358, Zagreb.

- ŠIKIĆ, D. & PLENIČAR, M. (1975): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Ilirska Bistrica, L33-89.– Inst. geol. istraž. Zagreb, Geol. zavod Ljubljana (1967.), Sav. geol. zavod, Beograd.
- ŠIKIĆ, D. & POLŠAK, A. (1973): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, Tumač za list Labin, L33-101.– Inst. geol. istraž. Zagreb (1963), Sav. geol. zavod, Beograd.
- ŠIKIĆ, D., POLŠAK, A. & MAGAŠ, N. (1969): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Labin, L33-101.– Inst. geol. istraž. Zagreb (1958.–1967.), Sav. geol. zavod, Beograd.
- ŠIKIĆ, D., PLENIČAR, M. & ŠPARICA, M. (1972): Osnovna geološka karta SFRJ 1:100 000, List Ilirska Bistrica, L33-89.– Inst. geol. istraž. Zagreb, Geol. zavod Ljubljana (1958.–1967.), Sav. geol. zavod, Beograd.
- ŠPANIČEK, J., ČOSOVIĆ, V., MRINJEK, E. & VLAHOVIĆ, I. (2017): Early Eocene evolution of carbonate depositional environments recorded in the Čikola Canyon (North Dalmatian Foreland Basin, Croatia).– *Geologia Croatica*, 70/1, 11–25. doi: 10.4154/gc.2017.05
- TARI, V. (2002): Evolution of the northern and western Dinarides: a tectonostratigraphic approach.– In: BERTOTTI, G., SCHULMANN, K. & CLOETINGHH, S.A.P.L. (eds.): Continental collision and the tectono – sedimentary evolution of the forelands. EGU Stephan Mueller Special Publication Series, 1, 223–236.
- TAVARNELLI, E. (1997): Structural evolution of a foreland fold-and-thrust belt: the Umbria–Marche Apennines, Italy.– *Journal of Structural Geology*, 19, 523–534.
- TENTOR, M. TUNIS G. & VENTURINI, S. (1994): Schema stratigrafico e tettonico del Carso Isontino.– *Natura Nascosta*, 9, 1–32, Monfalcone.
- TIŠLJAR, J., VLAHOVIĆ, I., VELIĆ, I., MATIČEC, D. & ROBSON, J. (1998): Carbonate facies evolution from the Late Albian to Middle Cenomanian in southern Istria (Croatia): influence of synsedimentary tectonics and extensive organic carbonate production.– *Facies*, 38, 137–152.
- TONIOLO, A. R. (1909): L'Eocene dei dintorni di Rozzo in Istria e la sua fauna.– *Pal. Italica*, 15, 237–296, Pisa.
- TURNER, F.J. (1953): Nature and dynamic interpretation of deformation lamellae in calcite of three marbles.– *American Journal of Science*, 251, 276–298.

- TWISS, R.J. & MOORES, E.M. (1992): *Structural Geology*.– W. H. Freeman and Comp., 532 str., New York.
- VAN UNEN, M., MATENCO, L., NADER, F.H., DARNAULT, R., MANDIĆ, O. & DEMIR, V. (2019): Kinematic of foreland-vergent crustal accretion: inferences from the Dinarides evolution.– *Tectonics*, 38/1, 49–76. doi:10.1029/2018TC005066
- VELIĆ, I. & SOKAČ, B. (1983): Stratigraphy of the Lower Cretaceous index fossils in the Karst Dinarides (Yugoslavia).– 2. Symp. Kreide, München, 1983, *Zitteliana*, 10, 485–491.
- VELIĆ, I. & VLAHOVIĆ, I. (1994): Foraminiferal assemblages in the Cenomanian of the Buzet–Savudrija area (northwestern Istria, Croatia).– *Geologia Croatica*, 47/1, 25–43.
- VELIĆ, I., TIŠLJAR, J. & SOKAČ, B. (1989): The variability of thicknesses of the Barremian, Aptian and Albian carbonates as a consequence of changing depositional environments and emersion in Western Istria (Croatia, Yugoslavia).– *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 40 (1987), 209–218.
- VELIĆ, I., VLAHOVIĆ, I. & MATIČEC, D. (2002): Depositional sequences and palaeogeography of the Adriatic Carbonate Platform.– *Mem. Soc. Geol. Ital.*, 57, 141–151.
- VLAHOVIĆ, I. (1999): Karbonatni facijesi plitkovodnih taložnih sustava od kimeridža do gornjega alba u zapadnoj Istri.– Disertacija, Sveučilište u Zagrebu, Rudarsko–geološko–naftni fakultet, 327 str., Zagreb.
- VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J. & VELIĆ, I. (1994): Influence of synsedimentary tectonics and eustatic changes on deposition of the Cenomanian platform carbonates in Istria (Western Croatia).– *Geologie Mediterranee*, 21/3–4, 189–193.
- VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I., FUČEK, L., OŠTRIĆ, N. & PRTOLJAN, B. (1995b): O podrijetlu i značenju tzv. vapnenačko-dolomitnih breča između donje i gornje krede: primjer Čićarije.– U: VLAHOVIĆ, I., VELIĆ, I. & ŠPARICA, M. (ur.): 1. Hrv. geol. kongres, Opatija 18.–21.10.1995., Knjiga sažetaka, 99, Zagreb.
- VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., FUČEK, L., OŠTRIĆ, N., PRTOLJAN, B., VELIĆ, I. & MATIČEC, DUBRAVKO (2002): The Origin and Importance of the Dolomite-Limestone Breccia Between the Lower and Upper Cretaceous Deposits of the Adriatic

- Carbonate Platform: An Example from Čićarija Mt. (Istria, Croatia).– *Geologia Croatica*, 55/1, 45–55.
- VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J., VELIĆ, I., MATIČEC, D., SKELTON, P.W., KORBAR, T. & FUČEK, L. (2003): Main events recorded in the sedimentary succession of the Adriatic Carbonate Platform from the Oxfordian to the Upper Santonian in Istria (Croatia).– *Field Trip Guidebook, 22nd IAS Meeting of Sedimentology, Opatija, September 17–19, 2003*, 19–56.
- VLAHOVIĆ, I., TIŠLJAR, J. VELIĆ, I. & MATIČEC, D. (2005): Evolution of the Adriatic Carbonate Platform: Palaeogeography, main events and depositional dynamics.– *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 220, 333–360. doi: 10.1016/j.palaeo.2005.01.011
- 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.
- WAAGEN, L. (1906): Die Virgation der Istrischen Falten. *Sitzungsber.– Akad. Wissensch. Wien, Math. Naturw. Kl.*, 115/1, Wien.
- WAAGEN, L. (1913): Die Tektonik des Tschitschenkarstes und ihre Beziehung zu den Kohlenschürfen bei Pinguente.– *Verh. Geol. Reichsanst.*, 6, 184 str., Wien.
- WEBER, J., VRABEC, M., PAVLOVČIČ-PREŠEREN, P., DIXON, T., JIANG, Y. & STOPAR, B. (2010): GPS-derived motion of the Adriatic microplate from Istria Peninsula and Po Plain site, and geodynamic implications.– *Tectonophysics*, 483/3–4: 214–222. doi: 10.1016/j.tecto.2009.09.001
- ŽIBRET, L. & VRABEC, M. (2016): Paleostress and kinematic evolution of the orogeny-parallel NW–SE striking faults in the NW External Dinarides of Slovenia unraveled by mesoscale fault-slip data analysis.– *Geologia Croatica*, 69/3, 295–305. doi: 10.4154/gc.2016.30

***Popis neobjavljenih radova***

- MARINČIĆ, S. (1992): Program istraživanja paleogenskog fliša priobalnog pojasa Hrvatske.– Fond stručne dokumentacije, 48, Arhiv Hrvatskog geološkog instituta, Zagreb.
- MATIČEC, D., FUČEK, L., PALENIK, D. & OŠTRIĆ, N. (2013): U: MIKO, S., KRUK, B., DEDIĆ, Ž., KRUK, LJ., PEH, Z., KOVAČEVIĆ–GALOVIĆ, E. & GABRIĆ, A. (2013): Rudarsko-geološka studija potencijala i gospodarenja mineralnim sirovinama Istarske županije, autori geološke karte i tumača, te autori teksta o arhitektonsko–građevnom kamenu.– Arhiv Hrvatskog geološkog instituta, Zagreb.
- VLAHOVIĆ, I., FUČEK, L., OŠTRIĆ, N. & PRTOLJAN, B. (1995a): Temeljna geološka istraživanja tunela Čićarija.– Arhiv Hrvatskog geološkog instituta, Zagreb.

## POPIS SLIKA U TEKSTU

**Slika 1.1.** Položajna karta s osjenčanim područjem istraživanja.

**Slika 2.1.** Panoramska slika Ćićarije. Pogled s Učke prema Ćićarijskim ljuskama na sjeverozapadu. Tektonski transport struktura Ćićarije je prema jugozapadu (ulijevo).

**Slika 2.2.** Panoramska slika dijela Ćićarije s čeonim dijelovima ljusaka izgrađenih od paleogenskih foraminiferskih vapnenaca. Zasek željezničke pruge Lupoglav–Buzet–Divača. Pogled sa sjeverozapada prema jugoistoku (u pozadini je Učka), tektonski transport je prema jugozapadu (udesno).

**Slika 2.3** Kamenolom 'Sveti Ivan' nedaleko od Buzeta u kojem se foraminiferski vapnenci eksploatiraju kao tehničko-građevni kamen.

**Slika 3.1.** Dio geoloških profila kroz središnji dio Ćićarije (preuzeto iz BLAŠKOVIĆ, 1969).

**Slika 4.1.** Panoramske fotografije dijelova Ćićarije na kojima je vidljiva velika pošumljenost i pokrivenost te teška prohodnost dijelova terena. A) okolica lokaliteta Obešenik; B) pogled prema jugoistoku iz okolice lokaliteta Krkuš.

**Slika 5.1.** Mikrofacijes skeletnog vekstona–pekstona iz fosilima bogatijeg središnjega dijela naslaga formacije Dragozeći otrivske starosti; uzorak OTRIV-3 (lokacija: 45°27'52.1"N, 14°5'52.1"E).

**Slika 5.2.** Značajni fosili određeni u naslagama litostratigrafske jedinice Dragozeći otrivske starosti. A) bentička foraminifera *Campanellula capuensis* DE CASTRO; B) mikrofacijes skeletnoga vekstona s presjecima vapnenačkih alga *Salpingoporella annulata* CAROZZI (poprečni presjeci); dolje desno presjek mikrogastropoda. Uzorak OTRIV-3 (45°27'52.1"N, 14°5'52.1"E).

**Slika 5.3.** Mikrofacijes naslaga jedinice Cres. A) algalno-skeletni vekston s brojnim presjecima alga salpingoporelskoga tipa; uzorak B-65 (45°26'55.8"N, 14°9'30.9"E); B) skeletni vekston s brojnim prekrizalidinama, miliolidama i salpingoporelama; uzorak ĆT-294 (45°26'18.1"N, 14°10'20.8"E).

**Slika 5.4.** *Praechrysalidina infracretacea* LUPERO-SINNI. A) uzorak ĆT-294 (45°26'18.1"N, 14°10'20.8"E). B, C) uzorak J-665 (45°26'7.8"N, 14°10'36.6"E).

**Slika 5.5.** Vapnenačka alga *Salpingoporella melitae* RADOIČIĆ (kosi presjek); uzorak B-65 (45°26'55.8"N, 14°9'30.9"E).

**Slika 5.6.** Vapnenačka alga *Salpingoporella muehlbergii* (LORENZ) (kosi presjeci) u mikrofacijesu algalno-skeletnog vekstona. A) uzorak J-665 (45°26'7.8"N, 14°10'36.6"E); B) uzorak B-65 (45°26'55.8"N, 14°9'30.9"E).

**Slika 5.7.** Uzdužno–tangencijalni presjeci vapnenačkih alga vrste *Salpingoporella circassa* FARINACCI & RADOIČIĆ u mikrofacijesu algalno-skeletnog vekstona; uzorak B-65 (45°26'55.8"N, 14°9'30.9"E).

**Slika 5.8.** Koprolit iz naslaga baremske starosti: *Coptocampylodon lineolatus* ELLIOTT (na slici označen strelicom) u mikrofacijesu skeletnog vekstona; uzorak J-665 (45°26'7.8"N, 14°10'36.6"E).

**Slika 5.9.** Mikrofacijes fosilifernoga vekstona–pekstona s palorbitolinama i baćinelama iz naslaga jedinice Kanfanar; uzorak ĆT-244 (45°26'47.5"N, 14°8'47.7"E).

**Slika 5.10.** A) *Bacinella irregularis* RADOIČIĆ; B) baćinelski onkoid. Obje mikrofotografije su napravljene na izbruscima iz uzorka ĆT-258 (45°26'50.7"N, 14°8'44.4"E).

**Slika 5.11.** Različiti presjeci vapnenačke alge *Salpingoporella dinarica* RADOIČIĆ; Mikrofotografije A i B su načinjene iz izbruska uzorka L-22 (45°28'5.7"N, 14°4'56.0"E).

- Slika 5.12.** Različiti presjeci foraminifera *Palorbitolina lenticularis* (BLUMENBACH). A) makrosferična generacija; B) ekvatorijalni presjek. Obje mikrofotografije su načinjene iz izbruska uzorka ČT-244 (45°26'47.5"N, 14°8'47.7"E).
- Slika 5.13.** Mikrofacijes algalnoga vekstona jedinice Kanfanar s brojnim presjecima vapnenačkih alga vrste *Salpingoporella dinarica* RADOIČIĆ; uzorak L-22 (45°28'5.7"N, 14°4'56.0"E).
- Slika 5.14.** Mikrofacijes skeletnoga vekstona–pekstona s brojnim presjecima orbitolinidnih foraminifera (rod *Mesorbitolina*), miliolidama, gastropodima i dr.; uzorak ČT-291 (45°26'25.7"N, 14°10'2.1"E).
- Slika 5.15.** Foraminifera *Archaeoalveolina reicheli* (DE CASTRO); uzorak B-62 (45°27'2.1"N, 14°9'24.1"E).
- Slika 5.16.** Karakteristični mikrofosili albskih naslaga: dolje lijevo poprečni presjek vapnenačke alge *Salpingoporella cf. turgida* (RADOIČIĆ), a gore desno foraminifera *Scandonea aff. phoenissa* SAINT-MARC označena strelicom; uzorak V-7 (45°27'42.0"N, 14°3'17.6"E).
- Slika 5.17.** Emerzijski horizonti u donjem albu (donji dio litostratigrafske jedinice Crna). Obje fotografije s lokaliteta zapadno od sela Male Mune (45°27'36.6"N, 14°9'12.4"E).
- Slika 5.18.** Dolomitizacijska „breča“ s prijelaza donje u gornju kreu (litostratigrafska jedinica Sis).
- Slika 5.19.** Strmo nagnuti srednje do deblje slojeviti vapnenci litostratigrafske jedinice Milna sa smjerom nagiba slojevitosti prema sjeveroistoku u zasjeku makadamske ceste Račja Vas–Veprinac (45°23'59.4"N, 14°9'52.9"E).
- Slika 5.20.** Mikrofacijes skeletnog vekstona–pekstona srednjeg do gornjeg cenomana; uzorak ČV-7 (45°29'50.7"N, 14°2'3.8"E).
- Slika 5.21.** Bentičke foraminifere značajne za srednji i gornji cenoman. A) *Broeckina (Patrikella) balcanica* CHERCHI et al.; B) *Chrysalidina gradata* d'ORBIGNY (na slici označena crvenom strelicom) i *B. (P.) balcanica* CHERCHI et al. (označena plavom strelicom); obje mikrofotografije iz uzorka ČV-7 (45°29'50.7"N, 14°2'3.8"E).
- Slika 5.22.** Presjeci vrlo značajne bentičke foraminifere naslaga jedinice Milna – *Chrysalidina gradata* d'ORBIGNY. A) uzorak ČV-168 (45°29'25.7"N, 14°2'45.4"E); B) uzorak J-49 (45°27'21.3"N, 14°2'44.2"E); C) pored *Ch. gradata* vidljiva su i dva presjeka bentičke foraminifere *Vidalina radoicicae* CHERCHI & SCHROEDER (označene strelicama); uzorak J-186 (45°30'33.3"N, 13°58'6.5"E).
- Slika 5.23.** Bentička foraminifera značajna za srednji i gornji cenoman istraživanoga područja: *Vidalina radoicicae* CHERCHI & SCHROEDER; obje mikrofotografije iz uzorka J-186 (45°30'33.3"N, 13°58'6.5"E).
- Slika 5.24.** Mikrofacijes bioklastičnoga vekstona litostratigrafske jedinice Sv. Duh s kalcisferulidama pitonelomornoga tipa; uzorak D-90 (45°25'4.1"N, 14°7'8.1"E).
- Slika 5.25.** Mikrofacijes bioklastičnoga vekstona–pekstona litostratigrafske jedinice Sv. Duh s kalcisferulidama, planktonskim foraminiferama te bioklastima bodljikaša; uzorak L-35 (45°27'4.2"N, 14°3'37.5"E).
- Slika 5.26.** Sferični presjeci kalcisfera pitonelomornoga tipa u naslagama jedinice Sv. Duh na Čičariji; uzorak D-90 (45°25'4.1"N, 14°7'8.1"E).
- Slika 5.27.** Mikrofacijesi vapnenaca litostratigrafske jedinice Gornji Humac: A) skeletni vekston–pekston; uzorak ČV-2 (45°30'17"N, 14°1'42.5"E); B) skeletno-bioklastični pekston–floutston s bioklastima i kršjem rudista; uzorak ČV-1 (45°30'19.8"N, 14°1'43.9"E).

- Slika 5.28.** Dekastroneme i taumatoporele iz litostratigrafske jedinice Gornji Humac: A) *Decastronema kotori* (RADOIČIĆ); B) *Thaumatoporella parvovesiculifera* (RAINERI); obje mikrofotografije iz uzorka ČV-3 (45°30'17"N, 14°1'42.5"E).
- Slika 5.29.** Foraminifera *Pseudocyclammina sphaeroidea* GENDROT određena u vapnencima jedinice Gornji Humac; uzorak P-7 (45°27'27.6"N, 14°2'19.3"E).
- Slika 5.30A i B.** Panoramske slike paleogenskih foraminiferskih vapnenaca kao sastavnih dijelova luskave strukture jugozapadnoga dijela Čičarije.
- Slika 5.31A i B.** Primjeri morfološki istaknutih čeonih dijelova ljusaka foraminiferskih vapnenaca, koje se odražavaju kao stepenice u reljefu. JZ dio istraživanoga područja: A) šira okolica lokaliteta Škrbina; B) lokalitet SI od Ročkog polja.
- Slika 5.32.** Mikrofacijes miliolidnoga vekstona. Uzorak iz paleogenskih ljusaka jugozapadnoga dijela istraživanog područja.
- Slika 5.33.** Mikrofacijes alveolinskoga vekston/pekstona. Na slici su osim alveolina vidljivi i numuliti, miliolide te drugi plitkovodni paleogenški bentos. Uzorak iz paleogenskih ljusaka jugozapadnoga dijela istraživanog područja.
- Slika 5.34.** Mikrofacijes numulitnoga pekstona. Na slici su osim numulita i alveoline, orbitolitesi te drugi plitkovodni paleogenški bentos. Uzorak iz paleogenskih ljusaka jugozapadnoga dijela istraživanog područja.
- Slika 5.35.** Mikrofacijes diskociklinskoga vekston/pekstona. Uzorak iz paleogenskih ljusaka jugozapadnoga dijela istraživanog područja.
- Slika 5.36.** Globigerinski lapori kao dio prijelaznih naslaga u zasjeku ceste Buzet–Vodice. Lokacija: 45°26'16.9"N, 13°58'22.8"E.
- Slika 5.37.** Izdanci flišnih naslaga u zasjeku ceste Buzet–Pengari (područje Pazinskoga flišnog bazena). Lokacija: 45°23'41.1"N, 13°58'30.4"E.
- Slika 5.38.** Borane flišne naslage unutar Čičarijske paleogenske luskave strukture u zasjeku građevinskog objekta u selu Hlaji. Lokacija: 45°24'11.4"N, 14°2'15.7"E.
- Slika 5.39.** Mikrofotografija lapora iz flišnih naslaga SI područja Pazinskoga flišnog bazena.
- Slika 5.40.** Panoramska slika dijela Čičarije s pogledom na selo Lanišće (u pozadini se vidi i selo Podgaće) i polje prekriveno kvartarnim naslagama.
- Slika 5.41.** Strukturna karta sjeveroistočnog dijela Pazinskoga flišnog bazena i istraživanoga područja središnje Čičarije s podjelom na strukturno-tektonske jedinice.
- Slika 5.42.** Bore u naslagama fliša u zasjeku ceste Roč–Krkuž (lokacija: 45°23'32.4"N, 14°3'56.0"E).
- Slika 5.43.** Pogled iz Ročkog polja prema sjeveroistoku prema regionalnom **reverznom rasjedu Crnica–Ročko polje** (označenom crvenom crtkanom linijom) i čeonom dijelu prve Čičarijske ljuske. Na slici dolje lijevo ogoljeli, erodirani dio padine s vidljivim izdancima fliša.
- Slika 5.44A i B.** Reverzni kontakt te navlačenje foraminiferskih vapnenaca na naslage fliša (R= 55/24) u zasjeku pruge nedaleko od željezničke stanice Hum u Istri (lokacija: 45°20'41.7"N, 14°4'37.7"E), južno od Ročkog polja. Ovaj se lokalitet nalazi u Pazinskom flišnom bazenu, ali nešto južnije (vidi PRILOG 3), izvan područja istraživanja prikazanog na geološkoj karti (PRILOG 1).



- Slika 5.45.** Čeoni dio ljuske paleogenskih foraminiferskih vapnenaca na cesti za Brgad (istočno od Buzeta, na lokaciji: 45°24'24.2"N, 14°0'22.2"E), koji predstavlja tjeme navučene i polegle bore. Navlačni kontakt litostratigrafske jedinice FV na naslage jedinice FL. Pogled s jugoistoka u smjeru sjeverozapada.
- Slika 5.46.** Skica navlačnoga kontakta (nije u mjerilu) sa slike 5.45. Tumač oznaka: R – navlačni rasjed; 1 – normalno krilo bore; 2 – tjemeni dio bore; 3 – prebačeno krilo navučene i polegle bore.
- Slika 5.47.** Strukturni dijagram slojevitosti krila bore sa skice na sl. 5.46. Tragovi ravnina slojeva u normalnom položaju označeni su crnom, a tragovi ravnina prebačenih slojeva (prebačenog krila bore) crvenom bojom. Narančastom bojom su označene zone točaka sjecišta ravnina slojevitosti –  $\beta$ -presječnica, čija je orijentacija paralelna osi bore. Dijagram je izrađen u programu Stereonet (ALLMENDINGER et al., 2012; CARDOZO & ALLMENDINGER, 2013).
- Slika 5.48.** Strukturni dijagram tragova ravnina slojevitosti koje sadrže pokazatelje interslojnih kretanja reverznoga karaktera. Točke na tragovima ravnina označavaju orijentaciju strija, a strelice pokazuju smjer relativnoga kretanja krovinskog krila. Dijagram je izrađen u programu FaultKin 7 (MARRETT & ALLMENDINGER, 1990; ALLMENDINGER et al., 2012).
- Slika 5.49.** Strukturni dijagram tragova ravnina PS-a koje sadrže pokazatelje interslojnih kretanja normalnoga karaktera (dijagram je izrađen u programu FaultKin 7 – MARRETT & ALLMENDINGER, 1990; ALLMENDINGER et al., 2012).
- Slika 5.50.** Teoretski strukturni model vrlo sličan analiziranom primjeru prebačene i polegle bore. A) fleksurno smicanje u krilima bore s različitim smjerom interslojnoga kretanja u svakom krilu; B) sekundarne ili bore višega reda, tj. parazitske bore u krovini glavne bore ili bore nižega reda. Obje ilustracije su iz FOSSEN (2010).
- Slika 5.51.** Strukturni dijagram orijentacije izmjerenih položaja slojeva (tragova ravnina slojevitosti) strukturno-tektonske jedinice I – Pazinski flišni bazen. Narančastom bojom su označene najgušće zone točaka sjecišta ravnina slojevitosti –  $\beta$ -presječnica, čija je orijentacija paralelna b osi bora.
- Slika 5.52.** Strukturni konturni dijagram orijentacija pukotina i pukotinskih sustava strukturno-tektonske jedinice I.
- Slika 5.53.** Reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice I (RR-1). Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i dijagrama žarišnoga mehanizma potresa (ŽMP), tj. *beachball* dijagrama.
- Slika 5.54.** Strukturni dijagram pravih diedara za grupu reverznih rasjeda RR-1 s izračunom osi paleonaprezanja – najveća ( $\sigma_1$ ), srednja ( $\sigma_2$ ) i najmanja os paleonaprezanja ( $\sigma_3$ ).
- Slika 5.55.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za grupu reverznih rasjeda (RR-1) strukturno-tektonske jedinice I.
- Slika 5.56.** Normalni rasjedi strukturno-tektonske jedinice I (NR-1). Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i strukturnoag *beachball* dijagrama.
- Slika 5.57.** Strukturni dijagram pravih diedara s izračunom osi paleonaprezanja (najveća –  $\sigma_1$ , srednja –  $\sigma_2$  i najmanja –  $\sigma_3$ ) za normalne rasjede strukturno-tektonske jedinice I (NR-1).
- Slika 5.58.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za normalne rasjede strukturno-tektonske jedinice I (NR-1).
- Slika 5.59.** Rasjedi s desnim horizontalnim pomakom prve podgrupe strukturno-tektonske jedinice I (HR-1a). Zajednički dijagram ravnina rasjeda i *beachball* dijagrama.
- Slika 5.60.** Strukturni dijagram pravih diedara s izračunom osi paleonaprezanja (najveća –  $\sigma_1$ , srednja –  $\sigma_2$  i najmanja –  $\sigma_3$ ) za podgrupu desnih rasjeda s horizontalnim pomakom strukturno-tektonske jedinice I (HR-1a).

- Slika 5.61.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za podgrupu desnih rasjeda s horizontalnim pomakom (HR-1a) strukturno-tektonske jedinice I.
- Slika 5.62.** Rasjedi s lijevim horizontalnim pomakom druge podgrupe strukturno-tektonske jedinice I (HR-1b). Zajednički dijagram ravnina rasjeda i strukturnoga *beachball* dijagrama.
- Slika 5.63.** Strukturni dijagram pravih diedara s izračunom osi paleonapreznja (najveća –  $\sigma_1$ , srednja –  $\sigma_2$  i najmanja –  $\sigma_3$ ) za podgrupu lijevih rasjeda s horizontalnim pomakom strukturno-tektonske jedinice I (HR-1b).
- Slika 5.64.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za podgrupu lijevih rasjeda s horizontalnim pomakom (HR-1b) strukturno-tektonske jedinice I.
- Slika 5.65A i B.** Panoramski pogled na čeone dijelove paleogenskih ljustaka izgrađenih od foraminiferskih vapnenaca. Čeoni dijelovi su morfološki istaknuti i odražavaju se kao „stepenice“ u reljefu. JZ dio istraživanoga područja: A) šira okolica lokaliteta Krkuš; B) istočno od naselja Semić.
- Slika 5.66A i B.** Primjer reverznoga kontakta i ponavljanja unutar slijeda naslaga FV-a. Čeoni dijelovi ljustaka nisu morfološki istaknuti. Lokacija: okolica sela Slum.
- Slika 5.67.** Primjer morfološki istaknutog, dobro očuvanog čeonog dijela ljustke izgrađenog od naslaga jedinice FV reverzno izdignutog po nekompetentnim naslagama jedinice PN ili FL. Ispod gusto pošumljenoga dijela podno ljustke su laporovite naslage koje su podloga ljustkanju, a na slici dolje lijevo u zasjeku ceste vidljivi su i izdanci lapora (označeno strelicom). Lokacija: šira okolica naselja Semić.
- Slika 5.68.** Navlačni kontakt foraminiferskih vapnenaca na globigerinske lapore prijelaznih naslaga. Lokacija: sjeverno od naselja Semić (45°22'26.4"N, 14°6'50.4"E).
- Slika 5.69.** Rasjedna ploha (sa sl. 5.68) je vrlo oštra i ravna, a mjestimice i vrlo zaglađena poput tzv. gorskoga zrcala.
- Slika 5.70A i B.** Opisivana rasjedna ploha R= 338–352/25–35 (sa sl. 5.68) s ostacima subvertikalnih strija koje ukazuju na reverzni karakter kretanja. A) pogled na rasjednu plohu prema istoku; B) pogled na rasjednu plohu prema zapadu.
- Slika 5.71.** Strukturni dijagram tragova ravnina s orijentacijama strija i strelicama koje označavaju relativan smjer kretanja krovinskog krila reverznoga rasjeda foraminiferskih vapnenaca na globigerinske lapore na lokaciji 45°22'26.4"N, 14°6'50.4"E. Dijagram je izrađen u programu FaultKinWin (MARRETT & ALLMENDINGER, 1990; ALLMENDINGER et al., 2012).
- Slika 5.72.** Strukturni dijagram orijentacije položaja slojeva strukturno-tektonske jedinice II – paleogenske ljustkave strukture jugozapadnoga dijela Čičarije.
- Slika 5.73.** Shematski prikaz (nije u mjerilu) raznih tipova geometrije čeonih dijelova pojedinih ljustaka paleogenske ljustkave strukture JZ dijela Čičarije.
- Slika 5.74.** Konturni dijagram orijentacija pukotina i setova pukotina strukturno-tektonske jedinice II.
- Slika 5.75.** Reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice II (RR-2). Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i strukturnoga *beachball* dijagrama.
- Slika 5.76.** Strukturni dijagram pravih diedara za grupu reverznih rasjeda RR-2 s izračunom osi paleonapreznja – najveća ( $\sigma_1$ ), srednja ( $\sigma_2$ ) i najmanja os napreznja ( $\sigma_3$ ).
- Slika 5.77.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za reverzne rasjede (RR-2) strukturno-tektonske jedinice II.

- Slika 5.78.** Normalni rasjedi strukturno-tektonske jedinice II (NR-2). Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i *beachball* dijagrama.
- Slika 5.79.** Strukturni dijagram pravih diedara za normalne rasjede strukturno-tektonske jedinice II (NR-2) s izračunom osi paleonaprezanja – najveća ( $\sigma_1$ ), srednja ( $\sigma_2$ ) i najmanja os paleonaprezanja ( $\sigma_3$ ).
- Slika 5.80.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za normalne rasjede strukturno-tektonske jedinice II (NR-2).
- Slika 5.81.** Rasjedi sa subhorizontalnim pomakom strukturno-tektonske jedinice II (HR-2). Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i strukturnoga *beachball* dijagrama.
- Slika 5.82.** Strukturni dijagram pravih diedara za grupu rasjeda sa subhorizontalnim pomakom strukturno-tektonske jedinice II (HR-2) s izračunom osi paleonaprezanja – najveća ( $\sigma_1$ ), srednja ( $\sigma_2$ ) i najmanja os paleonaprezanja ( $\sigma_3$ ).
- Slika 5.83.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za grupu rasjeda s horizontalnim pomakom (HR-2) strukturno-tektonske jedinice II.
- Slika 5.84.** Strukturni dijagram orijentacije položaja slojeva (tragova ravnina slojevitosti) strukturno-tektonske jedinice IIIa – prve kredno–paleogenske navlačne strukture. Kružnicama narančaste boje su označene najgušće zone točaka sjecišta ravnina slojevitosti –  $\beta$ -presječnica, čija je orijentacija paralelna osima bora.
- Slika 5.85.** Strukturni dijagram orijentacija pukotina i pukotinskih sustava (setova pukotina) strukturno-tektonske jedinice IIIa.
- Slika 5.86.** Reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice IIIa. Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i strukturnoga *beachball* dijagrama.
- Slika 5.87.** Strukturni dijagram pravih diedara s izračunom osi paleonaprezanja (najveća –  $\sigma_1$ , srednja –  $\sigma_2$  i najmanja –  $\sigma_3$ ) za reverzne rasjede strukturno-tektonske jedinice IIIa.
- Slika 5.88.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za reverzne rasjede strukturno-tektonske jedinice IIIa.
- Slika 5.89.** **Navlačni rasjed Rašpor–Brgudac** u zasjeku makadamske ceste za Veprinac. Lokacija točke je 45°25'6.7"N, 14°7'3.4"E.
- Slika 5.90.** A) dio plohe **navlačnoga rasjeda Rašpor–Brgudac** s očuvanim ostacima kalcitnih strija (pogled srijeda); B) ploha s kalcitnim strijama (pogled odozdo).
- Slika 5.91.** Stereogram tragova ravnina rasjedne plohe **navlačnoga rasjeda Rašpor–Brgudac** na lokaciji prikazanoj na slikama 5.89 i 5.90. Točke na tragovima ravnina označavaju orijentaciju strija, a strelice pokazuju smjer relativnoga kretanja krovinskoga krila. Dijagram je izrađen u programu FaultKinWin (MARRETT & ALLMENDINGER, 1990; ALLMENDINGER et al., 2012).
- Slika 5.92.** Strukturni dijagram tragova ravnina slojevitosti strukturno-tektonske jedinice IIIb – druge kredno-paleogenske navlačne strukture. Narančastom bojom su označene najgušće zone točaka sjecišta ravnina slojevitosti –  $\beta$ -presječnica, čija je orijentacija paralelna b osi bore.
- Slika 5.93.** Konturni dijagram orijentacija pukotina i setova pukotina strukturno-tektonske jedinice IIIb.
- Slika 5.94.** Reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice IIIb. Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i strukturnoga *beachball* dijagrama.
- Slika 5.95.** Strukturni dijagram pravih diedara s izračunom osi paleonaprezanja (najveća –  $\sigma_1$ , srednja –  $\sigma_2$  i najmanja –  $\sigma_3$ ) za reverzne rasjede strukturno-tektonske jedinice IIIb.

- Slika 5.96.** Strukturni dijagram s kinematskim P-T osima za reverzne rasjede strukturno-tektonske jedinice IIIb.
- Slika 5.97.** Rasjedi s horizontalnim desnim pomakom prve podgrupe strukturno-tektonske jedinice IIIb (HR-3b-a). Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i strukturnoga *beachball* dijagrama.
- Slika 5.98.** Strukturni dijagram pravih diedara s izračunom osi paleonaprezanja (najveća –  $\sigma_1$ , srednja –  $\sigma_2$  i najmanja –  $\sigma_3$ ) za rasjede s horizontalnim pomakom prve podgrupe strukturno-tektonske jedinice IIIb (HR-3b-a).
- Slika 5.99.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za prvu podgrupu rasjeda s horizontalnim pomakom (HR-3b-a) strukturno-tektonske jedinice IIIb.
- Slika 5.100.** Rasjedi s horizontalnim desnim pomakom druge podgrupe strukturno-tektonske jedinice IIIb (HR-3b-b). Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i strukturnoga *beachball* dijagrama.
- Slika 5.101.** Strukturni dijagram pravih diedara s izračunom osi paleonaprezanja (najveća –  $\sigma_1$ , srednja –  $\sigma_2$  i najmanja –  $\sigma_3$ ) za rasjede s horizontalnim pomakom druge podgrupe strukturno-tektonske jedinice IIIb (HR-3b-b).
- Slika 5.102.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za drugu podgrupu rasjeda s horizontalnim pomakom (HR-3b-b) strukturno-tektonske jedinice IIIb.
- Slika 5.103.** Navlačni rasjed **Vrh od Šterne–Osapna** na lokaciji 45°26'5.4"N, 14°7'32.8"E. U krovinskom bloku su gornjokredne naslage jedinice Sv. Duh, a u podinskom su paleogenski foraminiferski vapnenci.
- Slika 5.104.** Strukturni dijagram tragova ravnina **navlačnoga rasjeda Vrha od Šterne–Osapna** na izdvojenoj lokaciji. Točke na tragovima ravnina označavaju orijentaciju strija, a strelice pokazuju smjer relativnoga kretanja krovinskoga krila. Dijagram je izrađen u programu FaultKinWin (MARRETT & ALLMENDINGER, 1990; ALLMENDINGER et al., 2012).
- Slika 5.105.** Strukturni dijagram tragova ravnina slojevitosti strukturno-tektonske jedinice IIIc – treće kredno–paleogenske navlačne strukture. Narančastom bojom su označene najgušće zone točaka sjecišta ravnina slojevitosti –  $\beta$ -presječnica, čija je orijentacija paralelna osima bora.
- Slika 5.106.** Konturni dijagram orijentacija pukotina i setova pukotina strukturno-tektonske jedinice IIIc.
- Slika 5.107.** Reverzni rasjedi grupe RR-3c strukturno-tektonske jedinice IIIc. Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i strukturnoga *beachball* dijagrama.
- Slika 5.108.** Strukturni dijagram pravih diedara s izračunom osi paleonaprezanja (najveća –  $\sigma_1$ , srednja –  $\sigma_2$  i najmanja –  $\sigma_3$ ) za reverzne rasjede strukturno-tektonske jedinice IIIc.
- Slika 5.109.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za reverzne rasjede grupe RR-3c strukturno-tektonske jedinice IIIc.
- Slika 5.110.** Strukturni dijagram tragova ravnina slojevitosti strukturno-tektonske jedinice IV – boranog i navučenog krednog kompleksa sjeveroistočnoga dijela Čičarije. Narančastom bojom su označene najgušće zone točaka sjecišta ravnina slojevitosti –  $\beta$ -presječnica, čija je orijentacija paralelna osima bora.
- Slika 5.111.** Konturni dijagram orijentacija pukotina i setova pukotina strukturno-tektonske jedinice IV.
- Slika 5.112.** Reverzni rasjedi grupe RR-4 strukturno-tektonske jedinice IV. Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i strukturnoga *beachball* dijagrama.
- Slika 5.113.** Strukturni dijagram pravih diedara s izračunom osi paleonaprezanja (najveća –  $\sigma_1$ , srednja –  $\sigma_2$  i najmanja –  $\sigma_3$ ) za reverzne rasjede strukturno-tektonske jedinice IV.

- Slika 5.114.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za reverzne rasjede strukturno-tektonske jedinice IV.
- Slika 5.115.** Rasjedi s horizontalnim pomakom prve podgrupe strukturno-tektonske jedinice IV (HR-4a). Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i strukturnoga *beachball* dijagrama.
- Slika 5.116.** Strukturni dijagram pravih diedara s izračunom osi paleonaprezanja (najveća –  $\sigma_1$ , srednja –  $\sigma_2$  i najmanja –  $\sigma_3$ ) za prvu podgrupu (HR-4a) rasjeda s horizontalnim pomakom strukturno-tektonske jedinice IV.
- Slika 5.117.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za prvu podgrupu rasjeda s horizontalnim pomakom (HR-4a) strukturno-tektonske jedinice IV.
- Slika 5.118.** Rasjedi s horizontalnim pomakom druge podgrupe strukturno-tektonske jedinice IV (HR-4b). Zajednički dijagram tragova ravnina rasjeda i strukturnoga *beachball* dijagrama.
- Slika 5.119.** Strukturni dijagram pravih diedara s izračunom osi paleonaprezanja (najveća –  $\sigma_1$ , srednja –  $\sigma_2$  i najmanja –  $\sigma_3$ ) za drugu podgrupu (HR-4b) rasjeda s horizontalnim pomakom strukturno-tektonske jedinice IV.
- Slika 5.120.** Strukturni dijagram s kinematskim P–T osima za drugu podgrupu rasjeda s horizontalnim pomakom (HR-4b) strukturno-tektonske jedinice IV.
- Slika 5.121.** Geološki profil A–A'. Stereogram 1 – slojevitost u paleogenskim naslagama ljuskave strukture u podinskom krilu prebačene antiklinale Jelovice (oznaka A na profilu). Stereogram 2 – slojevitost naslaga u prebačenoj antiklinali Jelovice. Prebačena antiklinala Jelovice je vezana uz navlačni rasjed Vrh od Šterne–Osapna (oznaka 4 na profilu).
- Slika 5.122.** Geološki profil B–B'. Stereogram 1 – slojevitost flišnih naslaga u podinskom krilu reverznoga rasjeda Crnica–Ročko polje te paleogenskih naslaga ljuskave strukture u podinskom krilu prebačene antiklinale Jelovice (oznaka A na profilu). Stereogram 2 – slojevitost naslaga u prebačenoj antiklinali Jelovice. Prebačena antiklinala Jelovice je vezana uz navlačni rasjed Vrh od Šterne–Osapna (oznaka 4 na profilu).
- Slika 5.123.** Geološki profil C–C'. Stereogram 1 – slojevitost flišnih naslaga u podinskom krilu reverznoga rasjeda Crnica–Ročko polje te paleogenskih naslaga ljuskave strukture u podinskom krilu navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna (oznaka 4 na profilu). Stereogram 2 – slojevitost kredno–paleogenskih naslaga u krovinskom krilu navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna.
- Slika 5.124.** Geološki profil D–D'. Stereogram 1 – slojevitost flišnih naslaga u podinskom krilu reverznoga rasjeda Crnica–Ročko polje te paleogenskih naslaga ljuskave strukture u podinskom krilu navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna (oznaka 4 na profilu). Stereogram 2 – slojevitost krednih naslaga u krovinskom krilu navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna.
- Slika 5.125.** Geološki profil E–E'. Stereogram 1 – slojevitost flišnih naslaga u podinskom krilu reverznoga rasjeda Crnica–Ročko polje te paleogenskih naslaga ljuskave strukture u podinskom krilu navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna (oznaka 4 na profilu). Stereogram 2 – slojevitost krednih naslaga u krovinskom krilu navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna.
- Slika 5.126.** Geološki profil F–F'. Stereogram 1 – slojevitost flišnih naslaga u podinskom krilu reverznoga rasjeda Crnica–Ročko polje, paleogenskih naslaga ljuskave strukture te paleogenskih naslaga prve kredno–paleogenske navlake u podinskom krilu navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna (oznaka 4 na profilu). Stereogram 2 – slojevitost krednih naslaga u krovinskom krilu navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna.

- Slika 5.127.** Geološki profil G–G'. Stereogram 1 – slojevitost flišnih naslaga u podinskom krilu reverznoga rasjeda Crnica–Ročko polje, paleogenskih naslaga ljuskave strukture te paleogenskih naslaga prve i druge kredno–paleogenske navlake u podinskom krilu navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna (oznaka 4 na profilu). Stereogram 2 – slojevitost krednih naslaga u krovinskom krilu navlačnoga rasjeda Vrh od Šterne–Osapna.
- Slika 5.128.** Geološki profil H–H'. Stereogram 1 – slojevitost paleogenskih naslaga ljuskave strukture Čičarije u podinskom krilu navlačnoga rasjeda Rašpor–Brgudac. Stereogram 2 – slojevitost krednih i paleogenskih naslaga u krovinskom krilu navlačnoga rasjeda Rašpor–Brgudac.
- Slika 5.129.** Geološki profil I–I'. Stereogram 1 – slojevitost paleogenskih naslaga ljuskave strukture Čičarije u podinskom krilu navlačnoga rasjeda Rašpor–Brgudac. Stereogram 2 – slojevitost krednih i paleogenskih naslaga u krovinskom krilu navlačnoga rasjeda Rašpor–Brgudac.
- Slika 5.130.** Geološki profil J–J'. Stereogram 1 – slojevitost paleogenskih naslaga ljuskave strukture Čičarije u podinskom krilu navlačnoga rasjeda Rašpor–Brgudac. Stereogram 2 – slojevitost krednih i paleogenskih naslaga u krovinskom krilu navlačnoga rasjeda Rašpor–Brgudac.
- Slika 5.131.** Geološki profil K–K'. Stereogram prikazuje slojevitost krednih i paleogenskih naslaga iz navlačnih struktura krovinskoga krila navlačnoga rasjeda Rašpor–Brgudac.
- Slika 6.1.** Shematski prikaz navlačenja krednih naslaga prema jugozapadu i nastanka paleogenske ljuskave strukture JZ dijela Čičarije (primjer SZ dijela istraživanoga područja; nije u mjerilu). K<sub>1</sub> – naslage donje krede (općenito); K<sub>2</sub> – naslage gornje krede (općenito); CN – litostratigrafska jedinica Crna; SIS – litostratigrafska jedinica Sis; MI – litostratigrafska jedinica Milna; SD – litostratigrafska jedinica Sv. Duh; GH – litostratigrafska jedinica Gornji Humac; FV – foraminiferski vapnenci; PN – prijelazne naslage; FL – fliš. Strelice u dnu crteža označavaju kompresijsko djelovanje paleonaprezanja po pravcu SI–JZ.
- Slika 6.2.** Usporedba prijašnje i nove geološke karte M 1:50.000 proizašle iz istraživanja za potrebe izrade OGK RH M 1:50.000 i ove disertacije. Na slici gore OGK SFRJ M 1:100.000 – kompilacija listova Trst (PLENIČAR et al., 1969) i Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972). Crnom bojom su izvučene granice poligona istraživanja nove OGK RH M 1:50.000 koja je prikazana na slici dolje.
- Slika 6.3.** Usporedba geoloških karata jugozapadnoga dijela istraživanoga područja koje uključuje rubni sjeveroistočni dio Pazinskoga flišnog bazena i paleogensku ljuskavu strukturu Čičarije.  
A) isječak iz OGK SFRJ M 1:100.000 (kompilacija listova Trst (PLENIČAR et al., 1969) i Ilirska Bistrica – ŠIKIĆ et al., 1972);  
B) isječak iz nove OGK RH M 1:50.000 prikazane u ovom radu.
- Slika 6.4.** Usporedba geoloških karata sjeverozapadnoga dijela istraživanoga područja.  
A) isječak iz OGK SFRJ M 1:100.000 (kompilacija listova Trst (PLENIČAR et al., 1969) i Ilirska Bistrica – ŠIKIĆ et al., 1972);  
B) isječak iz nove OGK RH M 1:50.000 prikazane u ovom radu.
- Slika 6.5.** Usporedba geoloških karata središnjega i sjeveroistočnoga dijela istraživanoga područja.  
A) isječak iz OGK SFRJ M 1:100.000 (list Ilirska Bistrica – ŠIKIĆ et al., 1972);  
B) isječak iz nove OGK RH M 1:50.000 prikazane u ovom radu.
- Slika 6.6.** Usporedba geoloških karata jugoistočnoga dijela istraživanoga područja.  
A) isječak iz OGK SFRJ M 1:100.000 (list Ilirska Bistrica – ŠIKIĆ et al., 1972);  
B) isječak iz nove OGK RH M 1:50.000 prikazane u ovom radu.

- Slika 6.7.** A) Jugozapadni dio geološkoga profila A–B iz OGK SFRJ M 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972). Uokvireni dio profila se odnosi na područje istraživano u ovom radu, a prikazuje sjeveroistočni rub Pazinskoga flišnog bazena te paleogensku ljuskavu strukturu Čičarije. Na krajnjoj desnoj strani slike (SI dio profila) vidljiv je i navlačni kontakt navlake izgrađene od krednih i paleogenskih naslaga; B) Jugozapadni dio geološkoga profila H–H' iz nove geološke karte središnjega dijela Čičarije M 1:50.000 (PRILOZI 1, 2). Izdvojeni dio profila prikazuje sjeveroistočni rub Pazinskoga flišnog bazena te paleogensku ljuskavu strukturu Čičarije. Na desnoj strani profila prikazani su navlačni kontakti navlaka izgrađenih od krednih i paleogenskih naslaga. NAPOMENA: pozicija profila A–B na OGK SFRJ M 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972) približno odgovara poziciji profila H–H' s nove OGK RH M 1:50.000 središnjega dijela Čičarije (PRILOG 1).
- Slika 6.8.** A) Središnji dio geološkog profila A–B iz OGK SFRJ M 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972), kao nastavak profila sa slike 6.7A prema SI. Uokvireni dio profila se odnosi na područje istraživano u ovom radu, a prikazuje navlačne strukture izgrađene od naslaga mlađe krede (navlaka na slici A lijevo), odnosno od starije krede (navlaka s istaknutim navlačkom starije krede kao erozijskim ostatkom na naslagama mlađe krede); B) Sjeveroistočni dio geološkog profila H–H', kao nastavak profila sa slike 6.7B prema SI. Na ovom dijelu profila su prikazane navlačne strukture izgrađene od naslaga mlađe krede (navlaka na slici B lijevo, označena brojem 4), odnosno od naslaga starije krede i podinskih starijih naslaga (navlaka označena brojem 5 s istaknutim navlačkom starije krede kao erozijskim ostatkom na naslagama mlađe krede). NAPOMENA: pozicija profila A–B na OGK SFRJ M 1:100.000 lista Ilirska Bistrica (ŠIKIĆ et al., 1972) približno odgovara poziciji profila H–H' s nove OGK RH M 1:50.000 središnjega dijela Čičarije (PRILOG 1).
- Slika 6.9.** Primjeri reverznih, odnosno navlačnih kontakata paleogenskih ljusaka s vrlo blagim kutom nagiba rasjedne plohe: A) panoramski snimak fronte foraminiferskih vapnenaca jedne od ljusaka (u dnu slike vidljiv je kontakt s laporima; B) i C) detalji primjera navlačnih kontakata jedinica foraminiferski vapnenci (na slici gore) i lapora iz prijelaznih naslaga (na slici dolje) s vrlo blagim kutom nagiba rasjedne plohe. Lokacija: 45°23'57.8"N, 14°3'26.4"E.
- Slika 6.10.** Primjer subhorizontalnog navlačnog kontakta paleogenske ljuske. A) pogled sa strane; B) pogled sprijeda na čeonu dio ljuske. NAPOMENA: gore na slikama su foraminiferski vapnenci, a ispod lapori jedinice prijelazne naslage. Lokacija: 45°23'21.3"N, 14°5'36.3"E.

## POPIS TABLICA U TEKSTU

**Tablica 1.** Srednje vrijednosti geometrijskih parametara svih mjerenih rasjeda u strukturno-tektonskoj jedinici I – Pazinski flišni bazen, s izračunatim kinematskim pokazateljima i parametrima. Tumač kratica: RR-1 – reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice I; NR-1 – normalni rasjedi strukturno-tektonske jedinice I; HR-1a – desni rasjedi s horizontalnim pomakom strukturno-tektonske jedinice I; HR-1b – lijevi rasjedi s horizontalnim pomakom strukturno-tektonske jedinice I. Tipovi rasjeda: R – reverzni; N – normalni; H – rasjedi s horizontalnim pomakom. ni – nije izračunato (rasjedne plohe imaju razmjerno slično pružanje, ali suprotne smjerove nagiba).

**Tablica 2.** Srednje vrijednosti geometrijskih parametara svih mjerenih rasjeda u strukturno-tektonskoj jedinici II – paleogenska ljuskava struktura jugozapadnoga dijela Ćićarije, s izračunatim kinematskim pokazateljima i parametrima. Tumač kratica: RR-2 – reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice II; NR-2 – normalni rasjedi strukturno-tektonske jedinice II; HR-2 – rasjedi sa subhorizontalnim pomakom strukturno-tektonske jedinice II. Tipovi rasjeda: R – reverzni; N – normalni; H – rasjedi s horizontalnim pomakom. ni – nije izračunato (rasjedne plohe imaju odstupanja u pružanjima i smjerovima nagiba). ni\* – nije izračunato (rasjedi s horizontalnim pomakom grupe HR-2 svojim orijentacijama predstavljaju međusobne konjugirane parove čije plohe se svojim pružanjima sijeku pod ostrim do pravim kutom).

**Tablica 3a.** Srednje vrijednosti geometrijskih parametara svih mjerenih rasjeda u strukturno-tektonskoj jedinici IIIa – prva kredno-paleogenska navlačna struktura, s izračunatim kinematskim pokazateljima i parametrima. Tumač kratica: RR-3a – reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice IIIa. Tipovi rasjeda: R – reverzni.

**Tablica 3b.** Srednje vrijednosti geometrijskih parametara svih mjerenih rasjeda u strukturno-tektonskoj jedinici IIIb – druga kredno-paleogenska navlačna struktura, s izračunatim kinematskim pokazateljima i parametrima. Tumač kratica: RR-3b – reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice IIIb; HR-3b-a – rasjedi s horizontalnim pomakom prve podgrupe strukturno-tektonske jedinice IIIb; HR-3b-b – rasjedi s horizontalnim pomakom druge podgrupe strukturno-tektonske jedinice IIIb. Tipovi rasjeda: R – reverzni; H – rasjedi s horizontalnim pomakom.

**Tablica 3c.** Srednje vrijednosti geometrijskih parametara svih mjerenih reverznih rasjeda u strukturno-tektonskoj jedinici IIIc – trećoj kredno-paleogenskoj navlačnoj strukturi, s izračunatim kinematskim pokazateljima i parametrima. Tumač kratica: RR-3c – reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice IIIc. Tip rasjeda: R – reverzni. ni – nije izračunato (rasjedne plohe imaju odstupanja u pružanjima i smjerovima nagiba).

**Tablica 4.** Srednje vrijednosti geometrijskih parametara svih mjerenih rasjeda u strukturno-tektonskoj jedinici IV – borani i navučeni kredni kompleks sjeveroistočnoga dijela Ćićarije, s izračunatim kinematskim pokazateljima i parametrima. Tumač kratica: RR-4 – reverzni rasjedi strukturno-tektonske jedinice IV; HR-4a – rasjedi s horizontalnim pomakom prve podgrupe strukturno-tektonske jedinice IV; HR-4b – rasjedi s horizontalnim pomakom druge podgrupe strukturno-tektonske jedinice IV. Tipovi rasjeda: R – reverzni; H – rasjedi s horizontalnim pomakom. ni – nije izračunato (rasjedne plohe imaju odstupanja u pružanjima i smjerovima nagiba). ni\* – nije izračunato (rasjedi s horizontalnim pomakom svojim orijentacijama predstavljaju međusobne konjugirane parove čije plohe se svojim pružanjima sijeku pod ostrim do pravim kutom).



## **POPIS PRILOGA**

**PRILOG 1. OSNOVNA GEOLOŠKA KARTA REPUBLIKE HRVATSKE  
ĆIĆARIJA (središnji dio) M 1:50.000**

**PRILOG 2. GEOLOŠKI PROFILI SREDIŠNJEGA DIJELA ĆIĆARIJE  
M 1:50.000**

**PRILOG 3. KARTA TOČAKA OPAŽANJA**

## ŽIVOTOPIS

Damir Palenik je rođen 7. srpnja 1973. godine u Zagrebu. Osnovnu i srednju školu završio je u Vrbovcu. Prva dva razreda srednjoškolskog obrazovanja pohađao je Matematičko-informatički obrazovni centar, a završna dva, zbog promjene nastavnoga programa, Prirodoslovnu gimnaziju. Sve razrede osnovne i srednje škole završio je s izvrsnim uspjehom, a tijekom školovanja je sudjelovao i na općinskim, županijskim i državnim natjecanjima iz matematike. Završetkom srednje škole 1992. godine stekao je zvanje prirodoslovno-matematički tehničar. Iste godine upisao je studij geologije na Zajedničkom studiju Rudarsko-geološko-naftnog i Prirodoslovno-matematičkog fakulteta Sveučilišta u Zagrebu. Kao redoviti student zajedničkoga studija, smjera Geologija i paleontologija (Geologija), diplomirao je 23. ožujka 2000. godine. Diplomski rad pod nazivom „Geološka građa i hidrogeološki odnosi područja sliva Poličnik (zaleđe Zadra) s osvrtom na zapadni dio Ravnih Kotara“ izradio je pod vodstvom prof. dr. sc. Stjepana Bahuna, stekavši tako zvanje diplomiranoga inženjera geologije. Prosjek ocjena položenih ispita tijekom dodiplomskoga studija bio mu je vrlo dobar, a diplomski rad i obrana ocijenjeni su mu s izvrsnim. Tijekom studija obaveznu studentsku ljetnu praksu obavljao je u Institutu za geološka istraživanja u Zagrebu.

U svibnju 2000. godine otišao je na redovno odsluženje vojnoga roka tijekom kojega je završio Časničku školu na Hrvatskom vojnom učilištu i stekao čin natporučnika u pričuvi.

Od travnja 2001. godine radi kao znanstveni novak u Institutu za geološka istraživanja (danas Hrvatski geološki institut – HGI), Zavodu za geologiju, gdje je uglavnom angažiran na projektu „Osnovna geološka karta Republike Hrvatske M 1:50.000 – OGK RH M 1:50.000“ (01810101). Iste godine upisao je i poslijediplomski studij na Prirodoslovno-matematičkom fakultetu. Magistarski rad pod nazivom „Strukturni sklop otoka Visa“ izradio je pod vodstvom akademika Ivana Gušića i dr. sc. Dubravka Matičeca i obranio ga 9. lipnja 2005. godine te tako stekao akademsku titulu magistra znanosti (mr. sc.). Od 2005. godine zaposlen je u HGI-u kao viši stručni suradnik. Od 2011. god. do danas u HGI-u radi kao stručni savjetnik u sustavu znanosti i visokoga obrazovanja. Akademске godine 2010/11. upisao je doktorski studij na Rudarsko-geološko-naftnom fakultetu Sveučilišta u Zagrebu. Stručni ispit za samostalno obavljanje geoloških istraživanja položio je 9. prosinca 2014. godine.

Tijekom svojega rada najviše je bio angažiran na istraživačkom projektu Ministarstva znanosti, obrazovanja i športa „Osnovna geološka karta RH M 1:50.000“ kao dio „Jadransko–dinaridske“ istraživačke ekipe od 2001. godine. Bio je suradnik na istraživačkom projektu

MZOŠ-a „Odraž paleoklimatskih promjena u jursko–krednim sedimentima krških Dinarida“, voditelja dr. sc. Antuna Husineca i dr. sc. Valentine Hajek-Tadesse te na međunarodnom projektu Adriatic IPA CBC Programme „Roof of Rock“ (2013.–2015.) Tijekom 2013.–2014. godine bio je suradnik na projektu „2D seizmičko snimanje Hrvatskog dijela Jadranskog mora“. Trenutno je kao suradnik angažiran na istraživačkom projektu HRZZ-a „GEOSEKVA – Geološki i seizmološki aspekti geodinamike Kvarnera – razotkrivanje kvarnerskog rasjeda“, voditelja dr. sc. Tvrtka Korbara te međunarodnom projektu „GeoTwinn“. Završio je nekoliko međunarodnih tečaja stručno-znanstvenog osposobljavanja. Sudjelovao je na četiri međunarodna kongresa: 22nd IAS Meeting of Sedimentology, 2003. godine u Opatiji; 3. Hrvatskom geološkom kongresu, 2005. godine u Opatiji, 4. Hrvatskom geološkom kongresu 2010. godine u Šibeniku te 6. Hrvatskom geološkom kongresu 2019. godine u Zagrebu. Popis objavljenih znanstvenih radova na kojima je autor ili koautor dan je u prilogu.

Osim na znanstvenim projektima, tijekom svojega rada u HGI-u vrlo često sudjeluje i u gospodarstvenim projektima. Autor je ili koautor u više od 20 stručnih radova (elaborata, studija, izvješća,...).

Aktivni je član Hrvatskoga geološkog društva (HGD-a) te je bio i voditelj Sportskoga odsjeka unutar društva u razdoblju od 2001.–2013. godine, a od 2020. godine je voditelj Odsjeka za popularizaciju geologije i geobaštinu.

## POPIS OBJAVLJENIH RADOVA

<https://bib.irb.hr/lista-radova?autor=256256>

### Znanstveni radovi

**PALENIK, D.**, MATIČEC, D., FUČEK, L., MATOŠ, B., HERAK, M. & VLAHOVIĆ, I. (2019): Geological and structural setting of the Vinodol Valley (NW Adriatic, Croatia): insights into its tectonic evolution based on structural investigations.– *Geologia Croatica*, 72/3, 179–193. doi: 10.4154/gc.2019.13

### Autorske knjige

KORBAR, T., AVANIĆ, R., BAKRAČ, K., BELAK, M., BERGANT, S., BRČIĆ, V., BRLEK, M., FUČEK, L., GRGASOVIĆ, T., GRIZELJ, A., HALAMIĆ, J. HEĆIMOVIĆ, I., HORVAT, M., JAMIČIĆ, D., KOCH, G., MATIČEC, D., OŠTRIĆ, N., **PALENIK, D.**, SLOVENEK, D. & ŠORŠA, A. (2012): Upute za izradu Osnovne geološke karte Republike Hrvatske M 1:50 000.– priručnik, Hrvatski geološki institut, 131 str., Zagreb.

KORBAR, T., BELAK, M., FUČEK, L., HUSINEC, A., OŠTRIĆ, N., **PALENIK, D.** & VLAHOVIĆ, I. (2012): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske mjerila 1:50 000 – list Vis 3 i Biševo 1.– Hrvatski geološki institut (Zavod za geologiju), 1 list, Zagreb. ISBN: 978-953-6907-27-4

KORBAR, T., FUČEK, L., BRČIĆ, V. & **PALENIK, D.** (2017): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske M 1:50 000 – list Šolta, Čiovo, Drvenik.– Hrvatski geološki institut (Zavod za geologiju), 1 list, Zagreb. ISBN: 978-953-6907-59-5

FUČEK, L., MATIČEC, D., VLAHOVIĆ, I., OŠTRIĆ, N., PRTOLJAN, B., KORBAR, T., HUSINEC, A. & **PALENIK, D.** (2014): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske M 1:50 000 – list Cres 4.– Hrvatski geološki institut (Zavod za geologiju), 1 list, Zagreb. ISBN: 978-953-6907-29-8

FUČEK, L., MATIČEC, D., VLAHOVIĆ, I., OŠTRIĆ, N., PRTOLJAN, B., KOROLIJA, B., KORBAR, T., HUSINEC, A. & **PALENIK, D.** (2015): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske M 1:50 000 – list Cres i Lošinj.– Hrvatski geološki institut (Zavod za geologiju), 1 list, Zagreb. ISBN: 978-953-6907-53-3

- KORBAR, T., FUČEK, L., BRČIĆ, V. & PALENIK, D. (2017): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske M 1:50 000 – list Šolta, Čiovo, Drvenik.– Hrvatski geološki institut (Zavod za geologiju), 1 list, Zagreb. ISBN: 978-953-6907-59-5
- MATIČEC, D., BERGANT, S., FUČEK, L., **PALENIK, D.**, KORBAR, T., VLAHOVIĆ, I., ŠPARICA, M., KOCH, G., PRTOĽJAN, B., GALOVIĆ, I., VELIĆ, I. & TIŠĽJAR, J. (2017): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske M 1:50 000 – list Rovinj 1.– Hrvatski geološki institut (Zavod za geologiju), 1 list, Zagreb, ISBN: 978-953-6907-56-4
- BRČIĆ, V., KORBAR, T., FUČEK, L., **PALENIK, D.**, BELIĆ, N. & WACHA, L. (2019): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske NP Kornati M 1:50 000.– Hrvatski geološki institut (Zavod za geologiju), 1 list, Zagreb.

### Sažeci u zbornicima skupova

- FUČEK, L., VLAHOVIĆ, I., TIŠĽJAR, J., VELIĆ, I., HUSINEC, A., KORBAR, T., MATIČEC, D., OŠTRIĆ, N., PRTOĽJAN, B., **PALENIK, D.** & IBRAHIMPAŠIĆ, H. (2003): Dynamics of latest Albian-Cenomanian sedimentary environments in the NW part of the Adriatic Carbonate Platform (Istria and northern Adriatic Islands, Croatia).– U: VLAHOVIĆ, I (ur.): Abstracts book, 22nd IAS Meeting of Sedimentology, Opatija, September 17–19, 60–60.
- KORBAR, T., HUSINEC, A., **PALENIK, D.**, FUČEK, L., VLAHOVIĆ, I. & SOKAČ, B. (2005): Stratigrafija krednih naslaga otoka Visa (Jadransko more, Hrvatska).– U: VELIĆ, I., VLAHOVIĆ, I. & BIONDIĆ, R. (ur.): Knjiga sažetaka (Abstracts book), 3. Hrv. geol. kongr., Opatija, 29.09.–01.10.2005, 73–74, Zagreb.
- PALENIK, D.**, KORBAR, T., BELAK, M., FUČEK, L., MATIČEC D. & VLAHOVIĆ, I. (2005): Strukturni sklop otoka Visa.– U: VELIĆ, I., VLAHOVIĆ, I. & BIONDIĆ, R. (ur.): Knjiga sažetaka (Abstracts book), 3. Hrv. geol. kongr., Opatija, 29.09.–01.10.2005, 107–108, Zagreb.
- KORBAR, T., FUČEK, L., GRGASOVIĆ, T., **PALENIK, D.**, NOVAK, V., KOCH, G., BLAGUS, Z., HUĐBER, K. & HODAK, T. (2010): Kompleksna geološka struktura zapadnog Biokova na trasi tunela Sv. Ilija.– U: HORVAT, M. (ur.): Knjiga sažetaka (Abstracts book), 4. Hrv. geol. kongr., Šibenik, 14.–15.10.2010., 392–393, Zagreb.

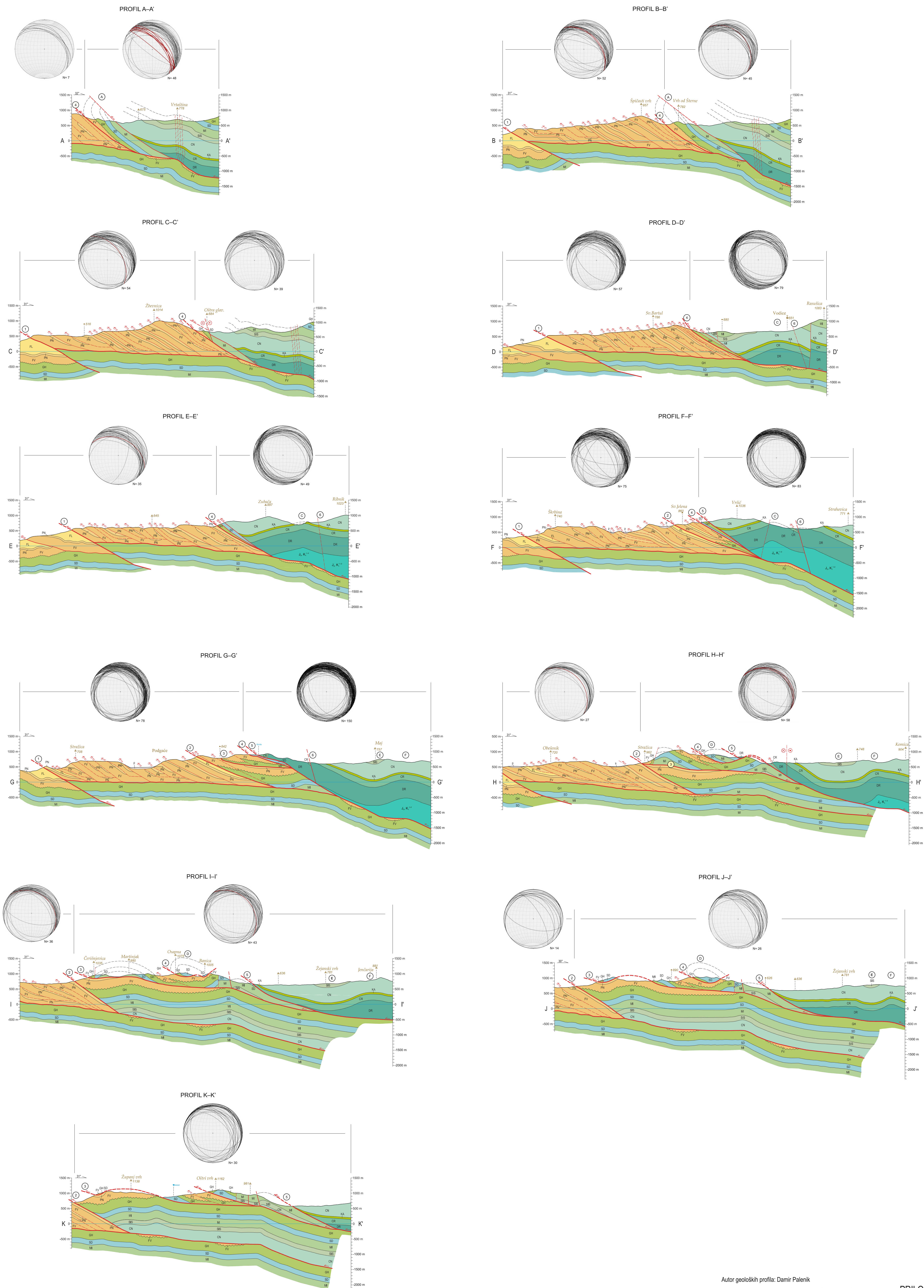
- KORBAR, T., FUČEK, L., **PALENIK, D.**, MATIČEC, D. & BRČIĆ, V. (2010): Prebačene karbonatne naslage krede i paleogena SI ruba Vinodola – implikacije za tektonski sklop šireg područja Rijeke.– U: HORVAT, M. (ur.): Knjiga sažetaka (Abstracts book), 4. Hrv. geol. kongr., Šibenik, 14.–15.10.2010., 394–395, Zagreb.
- KORBAR, T., FUČEK, L., GRGASOVIĆ, T., **PALENIK, D.**, NOVAK, V., KOCH, G., BLAGUS, Z., HUĐBER, K. & HODAK, T. (2011): Complex geological structure of western Biokovo Mt. on the route of Sv. Ilija tunnel.– U: PROTRKA, K., ŠKRABIĆ, H. & SRZIĆ, S. (ur.): Biokovo na razmeđi milenija: razvoj parka prirode u 21. stoljeću, Knjiga sažetaka, 61–64, Makarska: Park prirode Biokovo.
- BRČIĆ, V., KORBAR, T., FUČEK, L., **PALENIK, D.**, BELIĆ, N., MIŠUR, I. & WACHA, L. (2019): Osnovna geološka karta Republike Hrvatske NP Kornati M 1:50.000.– U: HORVAT, M., MATOŠ, B. & WACHA, L. (ur.): Knjiga sažetaka (Abstracts book), 6. Hrv. geol. kongr., Zagreb, 09.–12.10.2019., 36–37, Zagreb.
- FUČEK, L., KORBAR, T., **PALENIK, D.**, BRČIĆ, V. & BERGANT, S. (2019): Geološki profili šireg područja Rijeke – projekt GEOSEKVA.– U: HORVAT, M., MATOŠ, B. & WACHA, L. (ur.): Knjiga sažetaka (Abstracts book), 6. Hrv. geol. kongr., Zagreb, 09.–12.10.2019., 66–68, Zagreb.
- KORBAR, T., BRČIĆ, V., FUČEK, L. & **PALENIK, D.** (2019): Detachment and parasitic folds on the island of Kornat (central Adriatic, Croatia).– U: HORVAT, M., MATOŠ, B. & WACHA, L. (ur.): Knjiga sažetaka (Abstracts book), 6. Hrv. geol. kongr., Zagreb, 09.–12.10.2019., 103–104, Zagreb.
- PALENIK, D.**, MATIČEC, D., FUČEK, L., MATOŠ, B., HERAK, M. & VLAHOVIĆ, I. (2019): Tectonic evolution and identification of potential seismogenic sources of the Vinodol Valley (NW Adriatic, Croatia) based on geological mapping and structural investigations).– U: HORVAT, M., MATOŠ, B. & WACHA, L. (ur.): Knjiga sažetaka (Abstracts book), 6. Hrv. geol. kongr., Zagreb, 09.–12.10.2019., 154–155, Zagreb.

### Ostali radovi

- PALENIK, D.** (2005): Strukturni sklop otoka Visa.– Magistarski rad, Sveučilište u Zagrebu, Prirodoslovno-matematički fakultet, 122 str., Zagreb.



# GEOLOŠKI PROFILI SREDIŠNJEGA DIJELA ČIČARIJE M 1:50.000

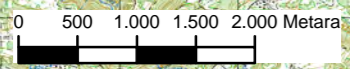




PRILOG 3  
KARTA TOČKA OPAŽANJA

Slovenija

- Tumač oznaka**
- Točke opažanja bez mjerenih strukturnih elemenata
  - Točke opažanja na kojima su mjereni strukturni elementi
  - ▬▬▬▬ Državna granica
  - ▬ Granica područja istraživanja prikazanog na geološkoj karti (PRILOG 1)



Gauss - Krügerova projekcija Besselov elipsoid  
Pomak u smjeru istoka 5 500 000

